

ISSN 1819-7663 (Print)
ISSN 2542-1921 (Online)

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия



Серия: Науки о Земле

2021

Том 21

Выпуск 3



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия



Научный журнал
2021 Том 21
ISSN 1819-7663 (Print)
ISSN 2542-1921 (Online)
Издается с 2006 года

Серия Науки о Земле, выпуск 3

Продолжение «Известий Императорского Николаевского Университета» 1910–1918, «Ученых записок СГУ» 1923–1962,
«Известий Саратовского университета. Новая серия» 2001–2004

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Железнов Я. А.

Возможности применения космокартографических методов
в стратегической экологической оценке 152

Преображенский Ю. В.

Урбанизированный каркас Волго-Уральского
макрорегиона: оценка потенциала интенсивности экономических связей 159

Пряхина С. И., Котова А. А.

Синоптические условия формирования снежных гроз на территории
Западной Сибири 166

Скрыльник Г. П.

Аномальные явления и геоэкологическая обстановка
российского Дальнего Востока 169

Геология

Миних А. В., Янкевич Д. И., Андрушкевич С. О., Андрушкевич О. Ю.

Ихтиофауна в пограничных отложениях северодвинского и вятского ярусов
в позднепермских местонахождениях на западе Оренбургской области
(бассейн реки Самары) 179

Огаджанов В. А.

О некоторых закономерностях изменения плотности
в литосфере Северной Евразии 186

Рогов М. А.

Новые данные о свитах верхней юры Ульяновско-Саратовского
прогиба и северной части Прикаспийской синеклизы 192

Хасанов Д. И., Андрушкевич О. Ю., Лоншаков М. А.

Исследование масштабного эффекта пористости и анизотропии
упругих свойств в образцах известняков башкирского яруса 209

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия «Науки о Земле»» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Запись о регистрации СМИ ПИ № ФС77-76643 от 26 августа 2019 года

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (специальности: 25.00.01; 25.00.02; 25.00.10; 25.00.23; 25.00.24; 25.00.30; 25.00.35; 25.00.36)

Подписной индекс издания 36010.
Подписку на печатные издания можно оформить в Интернет-каталогах «Пресса России» (www.pressa-rr.ru), «Пресса по подписке» (www.akc.ru) и ГК «Урал-Пресс» (ural-press.ru).
Журнал выходит 4 раза в год.
Цена свободная.
Электронная версия находится в открытом доступе (geo.sgu.ru)

Директор издательства
Бучко Ирина Юрьевна

Редактор
Малютина Елена Анатольевна

Художник
Соколов Дмитрий Валерьевич

Редактор-стилист
Кочкаева Инна Анатольевна

Верстка
Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор
Каргин Игорь Анатольевич

Корректор
Малютина Елена Анатольевна

Адрес учредителя, издателя и издательства (редакции):
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83
Тел.: +7(845-2) 52-26-89, 51-29-94
E-mail: izdat@sgu.ru

Подписано в печать 24.09.2021.
Подписано в свет 30.09.2021.
Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 8,75 (9,0).
Тираж 500 экз. Заказ 110-Т.

Отпечатано в типографии
Саратовского университета.
Адрес типографии:
410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2021



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле» принимает к публикации на русском языке общетеоретические, методические, дискуссионные, критические статьи, результаты исследований в области наук о Земле, краткие сообщения и рецензии, а также хронику и информацию.

Объем публикуемой статьи не должен превышать 16 страниц, 5 рисунков и 4 таблиц.

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

– на русском языке: индекс УДК, название статьи, инициалы и фамилии авторов, сведения об авторах (ученая степень, должность и место работы, e-mail), аннотация, ключевые слова, текст статьи, благодарности, ссылки на гранты, библиографический список;

– на английском языке: название статьи, инициалы и фамилии авторов, ORCID, место работы (вуз, почтовый адрес), e-mail, аннотация, ключевые слова.

Отдельным файлом приводятся сведения о статье: раздел журнала, УДК, авторы и название статьи (на русском и английском языках); сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), e-mail, телефон (для ответственного за переписку обязательно указать сотовый или домашний). Если название статьи слишком длинное, то для колонтитула следует привести его краткий вариант.

Иллюстрации и таблицы должны быть представлены отдельным файлом в формате jpg, tiff, cdr, bmp, разрешением не меньше 300 dpi. Рисунки должны быть представлены в черно-белом виде.

Все материалы предоставляются как в бумажном, так и электронном виде.

Требования к аннотации и библиографическому списку:

– аннотация должна отражать основную суть публикации; оптимальный объем 500–600 знаков;

– в библиографическом списке должны быть указаны только процитированные в статье работы; ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Более подробная информация о правилах оформления статей, образцы оформления различных источников приведены вместе со стилевым файлом по адресу: www.geo.sgu.ru.

Датой поступления статьи считается дата поступления ее окончательного варианта. Возвращенная на доработку статья должна быть прислана в редакцию не позднее чем через три месяца. Возвращение статьи на доработку не означает, что статья будет опубликована, после переработки она вновь будет рецензироваться.

Материалы, отклоненные редколлегией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлегией серии: farik26@yandex.ru; 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, географический факультет, ответственному секретарю журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле».

CONTENTS

Scientific Part

Geography

Zheleznov Ya. A. Possibilities of using space-cartographic methods in strategic environmental assessment 152

Preobrazhenskiy Yu. V. Urbanized framework of the Volga-Ural macroregion: Assessment of the potential intensity of economic relations 159

Pryakhina S. I., Kotova A. A. Synoptic conditions for the formation of thundersnow in the territory of Western Siberia 166

Skrylnik G. P. Anomalous phenomena and geocological situation in the Russian Far East 169

Geology

Minikh A. V., Yankevich D. I., Andrushkevich S. O., Andrushkevich O. Yu. Ichthyofauna of the border sediments of the Severodvinsky and Vyatsky stages in the Late Permian localities in the west of the Orenburg region (Samara river basin) 179

Ogadzhanov V. A. Some regularities of change in density in the lithosphere of Northern Eurasia 186

Rogov M. A. New data about Upper Jurassic formations of the Ulyanovsk-Saratov through and the northern part of the Peri-Caspian Syncline 192

Khassanov D. I., Andruskevich O. Yu., Lonshakov M. A. The investigation of the porosity scale effect and elastic anisotropy in Bashkirian limestones 209



**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА
«ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. НОВАЯ СЕРИЯ.
СЕРИЯ: НАУКИ О ЗЕМЛЕ»**

Главный редактор

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Заместитель главного редактора

Первушов Евгений Михайлович, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Ответственный секретарь

Молочко Анна Вячеславовна, кандидат геогр. наук (Саратов, Россия)

Члены редакционной коллегии:

Валашич Иренеуш, действительный член Польской академии наук, профессор (Варшава, Польша)

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Диденко Алексей Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН (Хабаровск, Россия)

Калинин Николай Александрович, доктор геогр. наук, профессор (Пермь, Россия)

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Переведенцев Юрий Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Казань, Россия)

Рыхлов Александр Богданович, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Семенов Юрий Михайлович, доктор геогр. наук, профессор (Иркутск, Россия)

Хоецян Ашот Владимирович, доктор геогр. наук, профессор (Ереван, Армения)

Чумаченко Алексей Николаевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор, член-корреспондент РАН (Новосибирск, Россия)

Яковенко Наталия Владимировна, доктор геогр. наук, доцент (Воронеж, Россия)

**EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL
“IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY.
EARTH SCIENCES”**

Editor-in-Chief – Vladimir Z. Makarov (Saratov, Russia)

Deputy Editor-in-Chief – Evgeniy M. Pervushov (Saratov, Russia)

Executive Secretary – Anna V. Molochko (Saratov, Russia)

Members of the Editorial Board:

Ireneusz P. Walaszczyk (Warsaw, Poland)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

Aleksandr B. Rikhlov (Saratov, Russia)

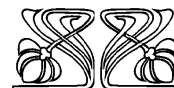
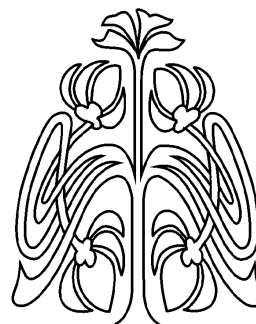
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

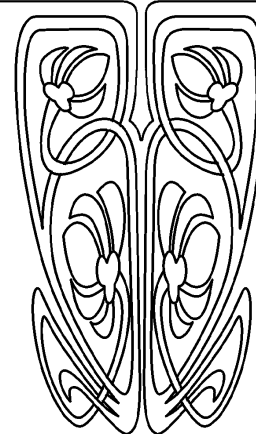
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 152–158

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 152–158

<http://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-152-158>

Научная статья

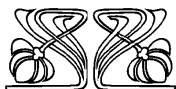
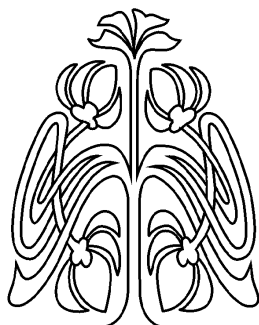
УДК [528.8+528.9]:[338.2+502/504]

Возможности применения космокартографических методов в стратегической экологической оценке

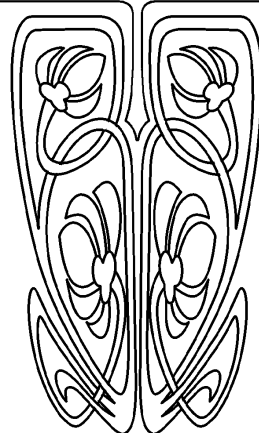
Я. А. Железнов

Кемеровский государственный университет, Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6

Железнов Ярослав Александрович, аспирант, yaroslav_zheleznov_93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9450-1532>



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Аннотация. В статье проведен анализ современного состояния космокартографических методов исследования и их применения в стратегической экологической оценке (СЭО) на примере обработки космокартографического материала и его цифровизации в целях формирования цифровой управленческой платформы, которая позволит в дальнейшем разработать необходимые меры для эффективного управления региональным природопользованием. Изучена возможность использования космокартографических методов при исследовании состояния геоэкосистем для решения узкоспециализированных задач в контексте СЭО. На конкретном примере обобщенно рассмотрены основные результаты применения данных методов для оценки геоэкологического состояния угледобывающих территорий Кемеровской области.

Ключевые слова: космокартографические методы, стратегическая экологическая оценка, СЭО, геоэкологическая оценка, мультиспектральные снимки, цифровая управленческая платформа

Благодарности и финансирование. Работа выполнена в рамках создания первого в России регионального экологического стандарта, разработка которого началась в 2019 году ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» под руководством доктора экономических наук, профессора Г. Е. Мекуш.

Для цитирования: Железнов Я. А. Возможности применения космокартографических методов в стратегической экологической оценке // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 152–158. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-152-158>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Possibilities of using space-cartographic methods in strategic environmental assessment

Y. A. Zheleznov

Yaroslav A. Zheleznov, yaroslav_zheleznov_93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9450-1532>

Kemerovo State University, 6 Krasnaya St., Kemerovo 650000, Russia

Abstract. This article analyzes the current state of space-cartographic research methods and their application in strategic environmental assessment using the example of processing space-cartographic material and its digitalization in order to form a digital management



platform that will further allow developing necessary measures for effective environmental management. The basics are briefly outlined and the possibility of using space-cartographic methods to study the state of geoecosystems for solving highly specialized problems in the context of strategic environmental assessment is considered. On a specific example, the main results of these methods application for assessing the geoeological state of the coal-mining areas of the Kemerovo Oblast in the context of strategic environmental assessment are considered.

Keywords: space mapping methods, strategic environmental assessment, geoeological assessment, multispectral shooting, digital management platform

Acknowledgments. The work was carried out as part of the creation of the first regional environmental standard in Russia, the development of which began in 2019 by the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University» under the leadership of Doctor of Economics, Professor Galina E. Mekush.

For citation: Zheleznov Ya. A. Possibilities of using space-cartographic methods in strategic environmental assessment. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 152–158 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-152-158>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Введение

О необходимости использования новых методических подходов при стратегической экологической оценке свидетельствует резкое усиление действия природоохранного и ресурсопроизводящего факторов, а также массовое внедрение ГИС-технологий. Среди приоритетных направлений стратегической экологической оценки следует отметить применение космокартографических методов исследования. Научная и практическая значимость данных методов обусловлена обзорностью материалов дешифрирования мультиспектральных снимков и отражением на них связи между компонентами окружающей среды и отдельными видами антропогенно-техногенной деятельности. Благодаря относительно высокой скорости получения дистанционных материалов зондирования и возможности многократной съемки в разных диапазонах электромагнитного спектра одних и тех же территорий появляется возможность оперативного изучения и прогнозирования экологических процессов во времени, а также разработки комплекса природоохранных мероприятий и принятия конкретных региональных управленческих решений в природопользовании. Кроме того, на основе полученных результатов появляется возможность создания космокарт-схем экологического портрета территории на базе цифровой управленческой платформы. Данная платформа, в свою очередь, позволит оценивать, как в принципе может меняться экологическая нагрузка на отдельно взятую территорию.

Стратегическая экологическая оценка (СЭО) представляет собой оценку вероятных экологических и социально-экономических последствий реализации разных сценариев долгосрочного регионального развития. На сегодняшний день СЭО является методическим инструментом, который относительно недавно начал внедряться в России, однако в западных странах он успешно применяется уже несколько десятилетий. Объектами СЭО могут быть любые стратегические инициативы, планы и программы. Во многих государствах проводится стратегическая оценка

проектов законодательных и нормативных актов, международных соглашений, разного рода стратегий и концепций, планов развития отраслей, территориальных планов и схем развития.

Обзор литературы

Масштабные исследования на тему геоэкологического районирования, картографирования территории и эффективного природопользования в аспекте устойчивого эколого-экономического развития проводились под руководством Б. И. Кочурова [1–9]. Он же является основателем картографического направления в геоэкологических исследованиях. Именно под его началом была создана первая экологическая карта СССР в 1990 году, а также ряд территориальных экологических карт. Новые методические подходы к геоэкологической оценке территорий, разработанные для разных регионов России, были изложены в докладах О. Н. Грязнова, Л. А. Стороженко, В. Г. Заиканова, Т. Б. Минаковой, Т. Г. Рященко, И. И. Крапивинной, В. А. Акуловой и др. [10].

Общие вопросы обработки и анализа материалов дистанционного зондирования изложены во многих учебных пособиях и книжных изданиях [11–14]. Например, основы космического картографирования, методы дистанционных исследований и синтеза геоизображений для решения различных геоэкологических задач рассматривались в научных трудах следующих авторов: Л. А. Пластинина, В. М. Плюсина, Н. И. Чернышова, А. Д. Китова [15–19]. Работы А. В. Любимовой, В. А. Спиридонова и других авторов посвящены отдельным вопросам дистанционного зондирования окружающей среды и особенностям их применения при решении узкоспециализированных задач [20–21]. Отдельные вопросы мониторинга последствий разработки нефтегазовых месторождений и современного состояния ландшафтов нефтедобывающих территорий при помощи дистанционного зондирования рассматривались в работах К. В. Мячиной, М. Н. Алексеевой и И. Г. Ященко [22–24].

Если анализировать зарубежный опыт, изучением изменений в землепользовании



урбанизированных территорий по космическим снимкам занимались Г. Роланд (Roland), М. Овер (Over) и М. Браун (Braun) [25]. В работах М. Брауна (Braun) и Х. Мартина (Martin) изложены основные результаты картографирования растительного покрова застроенных территорий с применением относительного показателя количества фотосинтетически активной биомассы [26]. Мониторингом нарушенных земель в горнодобывающих районах занимались китайские исследователи Ляньлянь Лю (Liu) и Цзянь Сон Чжоу (Zhou). На основе данных дистанционного зондирования ими проводилось изучение изменений землепользования и экологических проблем, вызванных деятельностью по добыче полезных ископаемых на территории северо-восточного Китая [27]. В научных трудах индийских специалистов Шивеша Кишора Карана (Karan), Суха Ранджана Самаддера (Samadder) и Субодха Кумара Мэйти (Maiti) отражены результаты оценки пространственно-временного распределения растительного покрова на рекультивируемых участках угольных шахт с использованием нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) и нормализованного разностного индекса влажности (NDMI) [28].

Методы исследования

Под космокартографическими методами исследования автором понимаются такие, которые основаны на получении необходимой информации с помощью материалов дистанционного зондирования (в нашем случае космического зондирования) и построенных на их основе (космо) карт-схем для научного и практического изучения изображенных на них процессов и явлений.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы для оценки геоэкологического состояния угледобывающих территорий Кемеровской области в контексте стратегической экологической оценки были использованы архивные данные космических съемок «Landsat» и материалы их обработки. Космические материалы были получены из базы данных снимков «Landsat» «Научного центра наблюдения природных ресурсов Земли» (“USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center”). Более того, для решения некоторых задач и проведения аналитических исследований были использованы спутниковые материалы «Sentinel» с онлайн ГИС-платформы «Sentinel-hub Playground». Связано это с тем, что снимки «Sentinel» в отличие от снимков «Landsat» имеют немного большее пространственное разрешение спектральных каналов (10 м против 30 м соответственно), используемых для расчета индекса NDMI. Кроме того, ряд снимков «Landsat» изучаемой территории имели недостатки, связанные с исходными данными (высокой облачностью, дымкой, разными

дефектами изображения, такими как «CLS-off»), которые могли повлиять на точность результатов при расчете индексов.

При выполнении работы использовались методы сравнительного анализа и обобщения, геоэкоинформационного картирования, геоэкологического зонирования, обработки, дешифрирования и синтеза мультиспектральных изображений, цифровизации геоэкоинформации.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время в качестве одного из примеров стратегической экологической оценки рассматривают оценку геоэкологического состояния той или иной территории, которая способствует созданию региональной стратегии социально-экономического развития. При этом для наибольшей результативности данной оценки автором рекомендуется использовать космокартографические методы исследования, результаты которых могут служить каркасом для создания цифровой региональной управленческой платформы в целях эффективного управления регионом и природопользованием.

Космокартографические методы подходят в первую очередь для изучения состояния почвенно-растительного покрова и земельных сельскохозяйственных угодий. Например, при анализе синтезированных мультиспектральных изображений определяются также отражательные характеристики почв, как альbedo и коэффициент спектральной яркости, а также параметры, учитывающие качественное состояние почв: цвет, эродированность, засоленность, заболоченность и др. С помощью мультиспектральных снимков можно получить информацию о прошлой антропогенно-техногенной деятельности. На основе разных комбинаций (синтеза) каналов электромагнитного спектра мультиспектральных изображений можно выделить земли как нарушенные в результате деятельности горнодобывающих предприятий, так и преобразованные в процессе сельскохозяйственной и иной деятельности.

Кроме того, для оценки состояния растительных объектов следует проводить классификацию типа почв по отражательным характеристикам почвенного покрова на мультиспектральных снимках. Для изучения плоскостной эрозии почв подойдут материалы дистанционного зондирования в инфракрасном спектре излучения. Для примера, спектральные коэффициенты яркости генетических горизонтов дерново-подзолистых почв изменяются от 0,4 для гумусового горизонта до 0,7 для подзолистого [29]. Стоит также отметить, что каждый вид сельскохозяйственных культур имеет собственный спектральный коэффициент отражения, в результате чего возможно исследование биометрических характеристик растительности. Таким образом, путем сравнительного анализа можно провести оценку



хода сельскохозяйственных работ, например, с помощью зонирования территорий с учетом экономической ценности земель и разработать рекомендации по корректировке регламентов землепользования.

С помощью анализа мультиспектральных снимков представляется возможным изучение состояния лесной растительности, что позволит проводить мониторинг лесных массивов. По количественным и качественным характеристикам лесов оценивают развитие биогеоценозов под воздействием антропогенно-техногенных процессов.

На основе синтеза мультиспектральных изображений можно выявить загрязнение атмосферного воздуха дымными шлейфами, аэрозолями и газовыми смесями. Данная информация позволит провести оценку зоны влияния выбросов загрязняющих веществ и степени пылеаэрозольного загрязнения территории, что в дальнейшем может помочь при разработке природоохранных мер и принятии региональных управленческих решений.

Оценку источников и ореолов антропогенно-техногенного воздействия на геоэкосистемы на территориях с неблагоприятной радиационной обстановкой проводят с применением материалов аэрогамма-спектрометрической съемки. В пределах городских округов и крупных горнопромышленных комплексов рационально использовать материалы инфракрасной-тепловой и радиотепловой съемок. На территориях с интенсивным атмосферным переносом исследование загрязняющих веществ целесообразно проводить по материалам аэрозольной съемки [30].

Материалы космического зондирования позволяют выявить загрязнение водных объектов и прибрежных зон сточными водами, промышленными и сельскохозяйственными сбросами, нефтепродуктами и другими веществами. Использование космических методов также дает возможность определить потенциальные пути переноса загрязняющих веществ водными течениями. Стоит отметить, что мониторинг водных объектов дистанционными методами может выступать и как инструмент контроля деятельности золотодобывающих и иных предприятий.

Космокартографические методы находят широкое применение и при ландшафтно-эпидемиологической и гигиенической оценках территории [31–32]. Например, в научных трудах томских специалистов продемонстрировано использование космокартографической информации в антропоэкологическом и эпидемиологическом исследовании ряда сибирских городов. Ими же была разработана методика использования аэрокосмической информации для выявления техногенных зон с разным уровнем воздействия [33]. Так, появилась возможность оценивать уровень патологии отдельных городских территорий в настоящее время, а также прогнозировать его на 10–15 лет.

В целом результаты анализа мультиспектральных изображений позволяют провести оценку экономической ценности геоэкосистем, полученные данные могут быть использованы при разработке соответствующих космокартографических материалов как дополнение к земельному кадастру. На их основе можно оценивать величину издержек экосистемных услуг, в частности связанных с биоразнообразием, при разных вариантах землепользования, включая размещение горнодобывающих разрезов или строительство жилой территории [34]. Кроме того, применение материалов дистанционного зондирования разного масштабного уровня способствует последовательной детализации дешифровочной информации. Из этого следует, что на каждом последующем уровне будет повышаться точность получаемой информации, а ее детальность – увеличиваться. При этом информация более высокого уровня генерализации наносится на космокарты-схемы, создаваемые по материалам более низких уровней для выявления слабоконтрастных зон (аномалий), которые могут прояснить сущность тех или иных природных или антропогенно-техногенных процессов, протекающих в геоэкосистемах.

Важным итогом предварительной экологической оценки состояния территории для выполнения стратегической экологической оценки должно стать создание тематических и обзорных космокарт-схем. Итоговая интерпретационная космокарта-схема основного масштаба будет являться своего рода экологическим портретом, который позволит оценивать экологическую нагрузку территории, ознакомиться с текущим состоянием производства на любом предприятии, увидеть программу природоохранных мероприятий, а также узнать, какие наилучшие доступные технологии (НДТ) уже применяются, а какие только планируется внедрять. Таким образом, на основе космокартографических материалов и их цифровизации можно сформировать цифровую управленческую платформу, которая будет полезна как для создания эффективной системы управления регионом, так и природопользования. Интерактивные космокарты-схемы управленческой платформы, в свою очередь, позволят оценить, как в принципе может меняться экологическая нагрузка на отдельно взятую региональную территорию. Кроме того, на основе экологического портрета можно разработать дорожные карты по переходу предприятий на принципы применения НДТ. Конечным результатом внедрения региональной платформы должны стать снижение экологической нагрузки на геоэко-социосистемы и повышение экологической эффективности действующей промышленности изучаемой территории.

Теперь кратко рассмотрим полученные результаты применения космокартографических методов исследования на примере оценки гео-



экологического состояния угледобывающих территорий Кемеровской области в контексте стратегической экологической оценки.

При анализе мультиспектральных изображений с комбинацией каналов «Color Infrared», сочетающих диапазон волн, отражаемый растительностью, был исследован растительный покров угледобывающих территорий Кузбасса. Результаты показали, что коэффициенты спектральной яркости растительности на приграничных территориях с нарушенными землями на снимках 2019 года ниже, чем на снимках 2016 года. Это свидетельствует о снижении физиологических показателей фитоценозов в результате негативного воздействия действующих угольных предприятий, связанного с миграционными процессами химических элементов в почвенном покрове из техногенных участков в окружающую (природную) среду, приводящими не только к загрязнению почв, но и торможению процессов почвообразования, изменению качества состояния почв, накоплению загрязняющих веществ в растениях, уменьшению и потере биологического разнообразия территории. Все это осложняется близостью к населенным пунктам, что, в свою очередь, отражается на уровне и качестве жизни людей. Кроме того, результаты показали, что на всех снимках изучаемых территорий площадь вегетационного индекса NDVI с высокими показателями значительно сократилась по сравнению со снимками 10-летней давности, что свидетельствует о снижении количества фотосинтетически активной биомассы вблизи участков земель, нарушенных в результате угледобывающей деятельности. Другими словами, вегетационный период для растений сокращается, а объем производимой биомассы снижается. В данном случае, важно понимать тот факт, что территории интенсивной угледобычи в Кузбассе как раз совпадают с территориями массового сельскохозяйственного производства как в коллективных, так и личных подсобных хозяйствах.

Помимо зон угнетения растительности на территориях интенсивной угледобычи, фиксируются зоны с нарушенным гидрологическим режимом. На территориях, граничащих с горными выработками, средние показатели NDMI значительно снизились по сравнению с периодами прошлых лет. На всех исследуемых территориях фиксируется аномальный сдвиг значений NDMI, что свидетельствует о нарушении гидрологического режима местности. Сейчас в местах, где ранее протекали ручьи, исчезли естественные аномалии повышенных значений водного индекса, а на многих участках показатели вообще ушли в отрицательную зону. Повышенная трещиноватость грунта и исчезновение малых рек и ручьев вследствие угледобывающей деятельности значительно сократили поступление влаги в почву, что, в свою очередь, привело к снижению суммарной почвенной влажности, которая и отражается на

показателях водного индекса на мультиспектральных снимках. Таким образом, можно говорить о нарушении гидрологического режима изучаемых территорий, что также отражается на вегетационной активности растительного покрова, в частности сельскохозяйственных культур.

По результатам синтеза мультиспектральных изображений исследуемых районов суммарная площадь территории, нарушенной горными разработками, составила 101 634,6 га (4,77% от суммарного покрытия исследуемой площади материалами космических съемок), из них 25,0% (25 408,4 га) приходится на участки, формально не отнесенные к категории нарушенных земель. Естественно, все это сказывается на социально-экономической ценности земель. В результате деградации почвенно-растительного покрова, а также нарушения гидрологического режима происходит снижение ценности этих территорий с точки зрения кадастровой стоимости земли для дальнейшего рекреационного и сельскохозяйственного использования. Территории, которые не попадают под регулирующее действие законодательства в области рекультивации нарушенных земель, но по факту являются нарушенными, уже не пригодны для дальнейшего использования и изымаются из сельскохозяйственного оборота. В результате этого регион несет определенный экономический ущерб от недоиспользования земельного ресурса.

На основе полученных результатов обработки, дешифрирования и синтеза мультиспектральных изображений проведено геоэкологическое картирование природно-техногенных систем изучаемой территории. Были выделены следующие территориальные зоны по степени изменения геоэкосистем:

- с относительно низкой степенью изменения геоэкосистем (в 4 муниципальных образованиях);
- со средней степенью изменения геоэкосистем (в 7 муниципальных образованиях);
- с высокой степенью изменения геоэкосистем (в 17 муниципальных образованиях);
- с очень высокой степенью изменения геоэкосистем (в 6 муниципальных образованиях).

Помимо этого, по запросу специалистов Кемеровского государственного университета угольными предприятиями была предоставлена информация о применяемых НДТ, после чего экспертным путем была определена экологическая эффективность каждой технологической операции, используемой в угледобывающей промышленности. На основе этих данных все угольные предприятия Кузбасса были ранжированы по принципу «светофора», другими словами, каждому предприятию был присвоен соответствующий цвет – красный, желтый или зеленый. Зеленый цвет означает, что промышленные производства применяют экологически эффективные технологии. Желтый цвет – применяемые технологии имеют умеренный эффект.



Красный – что применяемые технологии малоэффективны. Вся эта информация была нанесена на космокартографическую основу с помощью ГИС-технологий. Кроме того, были подготовлены космокарты-схемы лицензионных участков угледобывающих предприятий, промышленных стоков и применяемых на них очистных сооружений, предприятий, признанных объектами I категории опасности, ресурсоснабжающих и других организаций, редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную

книгу Кемеровской области. Таким образом, для достижения стратегической экологической цели на основе космокартографического материала и его цифровизации была сформирована цифровая (интерактивная) управленческая платформа, которая в дальнейшем позволит не только оценивать, как в принципе может меняться экологическая нагрузка на отдельно взятую территорию, но и принимать решения о разработке конкретных мер для управления как регионом, так и его природопользованием (рисунок).



Схема работы цифровой региональной управленческой платформы на примере интерактивной пространственной системы для управления земельными ресурсами и мониторинга антропогенно-техногенного изменения земель Кемеровской области. Цифрами на рисунке обозначен алгоритм работы цифровой платформы: 1 – открытие портала интерактивной космокарты-схемы «Экологический портрет региона»; 2 – выбор интересующей региональной территории; 3 – открытие тематических космокарт-схем выбранной территории и поиск интересующей информации о предприятиях; 4 – открытие «экологических паспортов» о текущем состоянии территории или производства

Заключение

Результаты исследования показали возможность применения космокартографических методов при изучении состояния экосистем в контексте стратегической экологической оценки. Эти методы позволяют не только оценивать, как может меняться экологическая ситуация на конкретной территории во времени, но и осуществлять выработку мер по ликвидации и снижению негативного воздействия на данной территории.

Итоговым результатом стратегической экологической оценки автором предлагается считать не экологический доклад о выполнении СЭО, как это происходит в настоящий момент, а цифровую управленческую платформу, в основе которой будет лежать интерактивная космокарта-схема «Экологический портрет региона», позволяющая оценивать экологическую нагрузку территории, ознакомиться с текущим состоянием производства на любом предприятии, увидеть программу природоохранных мероприятий, а также узнать, какие НДТ уже применяются, а какие только планируются внедрять. В свою очередь, цифровая управленческая платформа позволит разработать необходимые меры для управления регионом и его природопользованием.

Библиографический список

1. Кочуров Б. И., Горохов А. Н. Подходы к составлению геоэкологической карты Якутии // Арктика XXI век. Естественные науки. 2015. № 1(2). С. 62–65.
2. Кочуров Б. И., Горохов А. Н. Геоэкологическая карта Якутии : принципы и методы составления // Проблемы региональной экологии. 2014. № 6. С. 6–10.
3. Кочуров Б. И., Лобковский В. А., Смирнов А. Я. Концепция эффективного природопользования в аспекте устойчивого развития // Проблемы региональной экологии. 2013. № 3. С. 136–143.
4. Кочуров Б. И. Геоэкология : экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск : Смоленский государственный университет, 1999. 154 с.
5. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие : учеб. пособие. Москва ; Смоленск : Маджента, 2003. 384 с.
6. Кочуров Б. И., Карандеев А. Ю. Геоэкологическое картографирование и оценка городского пространства с применением сеточного векторного ГИС-анализа // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 2018. Т. 24, № 1. С. 310–320.
7. Горбанев В. А., Кочуров Б. И. Проблемы территориального районирования России : национальные и международные аспекты // Вестник МГИМО-Университета. 2018. № 4. С. 23–54.



8. Карандеев А. Ю., Кочуров Б. И. Геоэкологическая оценка на основе сеточного векторного анализа с помощью инфраструктуры геоэкологических данных // Экология урбанизированных территорий. 2015. № 2. С. 78–82.
9. Таргаева Е. Е., Андреева О. С., Кочуров Б. И. Основные подходы в формировании экологического каркаса индустриальных городов Кузбасса // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 3. С. 15–21.
10. Сергеевские чтения. Инженерно-экологические изыскания в строительстве : теоретические основы, методика, методы и практика. Вып. 8. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Москва : ГЕОС, 2006. 392 с.
11. Аковецкий В. И. Дешифрирование снимков. Москва : Недра, 1983. 374 с.
12. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. Москва : Наука, 1984. 320 с.
13. Бабаянц П. С., Керцман В. М. Дистанционный экологический мониторинг промышленных центров // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1997. № 4. С. 34–38.
14. Габрук С. В., Гершензон В. Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. Москва : А и Б, 1997. 296 с.
15. Пластинин Л. А., Плюснин В. М., Чернышов Н. И. Ландшафтно-аэрокосмические исследования экзогенного рельефообразования в Кодаро-Удоканском горном районе. Иркутск : ИГУ, 1993. 200 с.
16. Пластинин Л. А., Плюснин В. М. Основы дистанционного зондирования и космического картографирования Земли. Иркутск : ИрГТУ, 2006. 116 с.
17. Плюснин В. М. Аэрокосмические методы исследования Земли. Иркутск : ИГУ, 1997. 123 с.
18. Плюснин В. М. Ландшафтный анализ горных территорий. Иркутск : Издательство Института географии СО РАН, 2003. 257 с.
19. Китов А. Д. Компьютерный анализ и синтез геоизображений. Новосибирск : Издательство СО РАН, 2000. 219 с.
20. Любимова А. В., Спиридонов В. А. Методика обработки материалов дистанционного зондирования в задачах природопользования // Геоинформатика. 1999. № 3. С. 18–21.
21. Назаров И. М., Николаев А. Н., Фрицман Г. Д. Основы дистанционных методов мониторинга загрязнения природной среды. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 280 с.
22. Алексеева М. Н., Яценко И. Г. Экологический мониторинг нефтедобывающих территорий на основе космических снимков // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2013. № 2. С. 101–106.
23. Мячина К. В. К анализу изменений степных ландшафтов в районах нефтегазодобычи с использованием космических изображений // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2014. № 4. С. 1–8.
24. Мячина К. В. Анализ космических изображений с расчетом NDVI для изучения динамики ландшафтного покрова территории нефтяного месторождения в Оренбургской области // Известия ОГАУ. 2013. № 4(42). С. 206–209.
25. Roland G., Over M., Braun M. A method to map land-use change and urban growth in north Rhine-Westphalia (Germany) // Proceedings of the 2nd Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover. Bonn, 2006. P. 102–111.
26. Braun M., Martin H. Mapping imperviousness using NDVI and linear spectral unmixing of ASTER data in the Cologne-Bonn region (Germany) // Proceeding of the SPIE 10th International Symposium on Remote Sensing. Barcelona, 2003. P. 1–11.
27. Liu L., Zhou J. S. Long-term remote sensing monitoring coal mining activity in resource-based cities : a case study of Qitaihe City, Northeastern China // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 52, № 1. P. 012088.
28. Karan S. K., Samadder S. R., Maiti S. K. Assessment of the capability of remote sensing and GIS techniques for monitoring reclamation success in coal mine degraded lands // Journal of environmental management. 2016. Vol. 182. P. 272–283.
29. Социально-экономические исследования с использованием спутниковой информации (сельское, лесное хозяйство). URL: <http://meteovlab.meteorf.ru/> (дата обращения: 01.03.2021).
30. Поцелуев А. А., Ананьев Ю. С., Житков В. Г. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. Томск : ТПУ, 2014. 304 с.
31. Казначеев В. П., Медуа А. И. Возможности применения космических снимков Земли при ландшафтно-эпидемиологических исследованиях // Космические исследования антропоэкологической ситуации Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1982. Вып. 1. С. 3–29.
32. Потапов А. И., Гильденскиольд Р. С., Винокур И. Л. Гигиенические аспекты космического картографирования и ранжирования территории России (проблемы и пути реализации) // Здравоохранение Российской Федерации. 1992. Т. 2. С. 18–21.
33. Волкотруб Л. П., Новиков Ю. В., Васильев Н. В. Использование аэрокосмической информации в антропоэкологических и эпидемиологических исследованиях // Аэрокосмические методы в геоэкологии. Киев : Наукова думка, 1992. 205 с.
34. Экологический доклад о выполнении стратегической экологической оценки «Комплексной программы социально-экономического развития Новокузнецкого муниципального района до 2025 г.». Новокузнецк : ИнЭКА, 2017. 130 с.

Поступила в редакцию 21.03.2021, после рецензирования 03.04.2021, принята к публикации 15.05.2021

Received 21.03.2021, revised 03.04.2021, accepted 15.05.2021

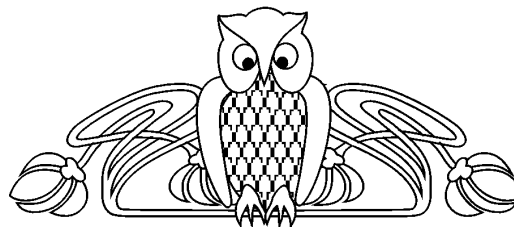


Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 159–165
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 159–165
<http://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-159-165>

Научная статья
УДК 911

Урбанизированный каркас Волго-Уральского макрорегиона: оценка потенциала интенсивности экономических связей



Ю. В. Преображенский

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Преображенский Юрий Владимирович, кандидат географических наук, topofag@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2774-0554>

Аннотация. Выявление пространственных структур экономической активности в пределах надрегионального образования – актуальная научная задача. В данном исследовании она решается с помощью сочетания каркасного подхода и применения аналога модели гравитационного взаимодействия для городов Волго-Уральского макрорегиона. По данным о стоимости промышленной продукции городов людностью более 100 тыс. жителей (т. е. первых и вторых городов своих регионов) и расстоянии между ними был построен промышленно-урбанизированный каркас макрорегиона, демонстрирующий потенциал экономических связей внутри него, оценка которого позволила выявить периферийные и центральные города – промышленные центры. Среди первых города Оренбургской и Пензенской областей, вторых – Уфа, Самара и Тольятти. Дополнительно были проанализированы функции вторых городов регионов и выявлена степень промышленной ориентации первых и вторых городов макрорегиона.

Ключевые слова: каркасный подход, Волго-Уральский макрорегион, региональное взаимодействие, таксономия городов, вторые города

Для цитирования: Преображенский Ю. В. Урбанизированный каркас Волго-Уральского макрорегиона: оценка потенциала интенсивности экономических связей // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 159–165. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-159-165>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Urbanized framework of the Volga-Ural macroregion: Assessment of the potential intensity of economic relations

Yu. V. Preobrazhenskiy

Yuri V. Preobrazhenskiy, topofag@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2774-0554>

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Abstract. Identifying the spatial structures of economic activity within a supra-regional entity is an urgent scientific task. In this study, it is solved using a combination of a framework approach and a model analog of the gravitational interaction for the cities of the Volga-Ural macroregion. According to the cost of industrial production of cities with a population of more than 100 thousand inhabitants (i.e., the first and second cities of their regions) and the distance between them, an industrial-urbanized framework of the macroregion was built, demonstrating the potential of economic ties within it. The analysis of the strength of ties allowed us to identify the peripheral and central cities-industrial centers. Among the first ones there are the cities of Orenburg and Penza regions, among the second ones – Ufa, Samara and Tolyatti. In addition, the functions of the second cities of the regions were analyzed and the degree of industrial orientation of the first and second cities of the macroregion was revealed.

Keywords: framework approach, Volga-Ural macroregion, regional interaction, urban taxonomy, second cities

For citation: Preobrazhenskiy Yu. V. Urbanized framework of the Volga-Ural macroregion: Assessment of the potential intensity of economic relations. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 159–165 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-159-165>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)



Введение. С момента утверждения Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 года [1] появилось несколько работ, в которых обсуждается правомерность выделения макрорегионов, а также иных новаций, представленных в документе (см., например, [2–4]). Одними из ключевых свойств макрорегионов как надрегиональных образований следует считать самодостаточность и внутреннюю связность. Самодостаточность, на наш взгляд, проявляется в способности макрорегиона самостоятельно создавать инновации и осуществлять расширенное воспроизводство экономики, производить продукцию с высокой добавленной стоимостью и принимать равноценное участие в страновом и мировом разделении труда [5].

Внутренняя связность проявляется в целостности цепочек добавленной стоимости в пределах макрорегиона, взаимодополняемости входящих в него регионов. Существенным свойством является также целостность расселения населения в пределах макрорегиона [6].

Для указанных свойств большое значение имеет степень сформированности урбанизированного каркаса территории. Напомним, что основными структурными элементами данного типа каркасов являются ядра (узлы), представленные городами, и оси – транспортные магистрали и потоки трансляций между ядрами (ресурсные и миграционные). С этих позиций актуальной задачей становится выявление урбанизированного каркаса в пределах территории макрорегиона. От величины ядер и интенсивности связей между ними зависит экономическая эффективность всего макрорегиона. Каркасный подход активно используется при составлении графических материалов для схем территориального планирования субъектов Российской Федерации, однако он также может помочь выявить целостность и внутреннюю структуру надрегионального образования.

Объектом нашего исследования являются первые (региональные столицы) и вторые города Волго-Уральского макрорегиона (ВУМР).

В его состав входят Саратовская, Ульяновская, Пензенская, Самарская, Оренбургская области, а также Республика Башкортостан.

Таксономия городов и их функции. Важно понимать разницу между функциями, которые выполняют города разной плотности и разного таксономического уровня. Теоретически влияние города, его позиция в иерархии мировых городов должны быть прямо пропорциональны его плотности. На практике, однако, многие города Европы плотностью менее миллиона жителей оказываются более влиятельными (имеют более высокий статус в иерархии мировых городов) по сравнению с городами-миллионерами, например, Индии или России. Плотность города во многом определяет модель развития и скорость социально-экономических процессов внутри его пространства (см. подробнее [7]). Более подробно функции городов в зависимости от их величины представлены в табл. 1.

Для выполнения разных функций городами критическое значение имеет их экономико-географическое и нетографическое (сетевое) положение [8]. Если города плотностью до 250 тыс. жителей (авторская оценка) контролируют материальные потоки ресурсов (полезные ископаемые, полуфабрикаты, сельскохозяйственное сырье, трубопроводы, линии электропередач) и для их благополучия критично прежде всего транспортно-географическое положение (как составляющая экономико-географического), то для крупнейших городов более важным является положение в сети нематериальных трансляций (информации в разных ее формах: финансовой, инновационной, управленческой и пр.), т. е. нетографическое положение, для которого близость/удаленность измеряется не в километрах (как в географическом пространстве) и не в тарифах (как в экономико-географическом), а в интенсивности указанных выше трансляций и характере связи с другими узлами (хабами).

При этом большие и крупные города относятся ко вторым городам региона (если не являются административными центрами, т. е. первы-

Таблица 1

Таксономия городов и их функции

Класс города	Функция	Представители в России
Глобальный	Узел (хаб) в сети глобальных городов, посредник между национальным и мировым экономическим и информационным пространством	Москва, Санкт-Петербург
Города-миллионеры	Посредники между глобальными городами (в том числе федеральным центром) и социально-экономическим пространством макрорегиона	Самара, Уфа (для ВУМР) и др. в пределах страны
Крупные и крупнейшие	Посредники между федеральным центром и социально-экономическим пространством региона-субъекта РФ; центры узловых районов	Пенза, Тольятти, Стерлитамак и др.
Большие	Комплексная организация прилегающей территории: центры узловых районов	Балаково, Нефтекамск, Орск и др.
Средние и малые	Локальное освоение ресурсов	Нефтегорск, Ершов, Бузулук, Медногорск и др.



ми городами). Большинство авторов сходятся в определении критериев выделения второго города [9–11]. К ним относятся его людность (как правило, более 100 тыс. жителей)¹, удаленность от первого города, относительная развитость промышленного производства (см. обзор подходов к выделению вторых городов в статье [12]). Вторые-третьи города выступают важными узлами урбанизированного каркаса территории (см., например, [13]). Интенсификация экономической активности в них и между ними (по осям развития) будет способствовать общему развитию региона. М. В. Фомин с соавторами отмечают, что «...важно превентивное (проактивное) планирование перспективного развития таких узлов и связей» [14, с. 378]. Подобный подход к концентрации социально-экономического развития в немногих выбранных точках кажется продуктивным в условиях низкой инвестиционной активности, но имеет и обратную сторону: периферийные районы, лежащие далеко от узлов каркаса, совсем теряют какую бы то ни было экономическую активность, население начинает их покидать. Впрочем, такой процесс наблюдается уже давно.

Различие между первыми и вторыми городами, на наш взгляд, состоит еще и в том, что вторые только организуют прилегающую территорию, а первые еще и выполняют функцию проводников (посредников) между федеральным центром и глобальным экономическим пространством и регионом (см. табл. 1). Это позволяет первому городу накапливать определенную институциональную ренту по примеру Москвы (но, конечно, в несопоставимых размерах). Данная функция в большей степени относится к городам-миллионерам. Сложно представить, что, например, Пенза или Ульяновск в сколь угодно отдаленной перспективе будут претендовать на роль глобального города², а вот в отношении Уфы и Самары это вполне возможно (хотя и в других внешнеэкономических условиях).

В отсутствие полноценного первого города (встроенного в иерархию мировых городов), вторые-третьи города не способны справедливо конвертировать экономическую активность на прилегающей территории в собственное развитие (расширенное воспроизводство основного и человеческого капитала, инфраструктуры). Л. А. Безруков рассматривает проблему искусственного занижения реального вклада большинства индустриальных регионов в общероссийские экономические показатели через призму экстерриториальности доминирующего крупно-

го капитала, который обуславливает «...перераспределение экономических выгод (т. е. финансовых ресурсов, доходов, налогов) крупнейших компаний из регионов их непосредственной производственной деятельности (регионов присутствия) в другие регионы и страны – как правило, в российские столицы (Москву и Санкт-Петербург) и/или зарубежные офшоры» [15, с.80]. Близкие этой позиции мысли изложены в работах А. Ф. Никольского (см., например, [16]), где автор обосновывает важность максимально полной переработки сырья в регионе его добычи.

Учитывая вышесказанное, отметим, что для макрорегиона крайне важно иметь на своей территории мировой город, способный препятствовать непропорциональному перераспределению экономических выгод. В результате территория макрорегиона должна быть «завязана» на определенный контролирующий центр.

Упомянутый выше урбанизированный каркас выделяют прежде всего на уровне отдельного региона (а в пределах страны говорят об опорном каркасе расселения), в то же время необходимо рассматривать его и на уровне макрорегиона, не «вырывая» его часть из целостной системы расселения. В пределах макрорегиона можно заметить тяготение систем расселения к берегам рек (Волга, Белая, Урал). Более подробно система расселения Урало-Поволжья рассмотрена нами в работе [5].

Материалы и методы. Основной метод исследования состоит в построении схемы (графа) урбанизированного каркаса³ Волго-Уральского макрорегиона. Была составлена матрица расстояний (по автомобильным дорогам) между городами макрорегиона людностью более 100 тыс. человек (только для этих городов доступна статистика [17]) и объема промышленной продукции. Далее был рассчитан потенциал интенсивности связи (ПИС) между ядрами каркаса по формуле

$$\text{ПИС} = \frac{Pr_i \cdot Pr_j}{R_{ij}},$$

где Pr_i и Pr_j – объем продукции обрабатывающей промышленности в i -м и j -м городе, R_{ij} – расстояние между ними.

С помощью программы Gephi (ver.09.2) был построен граф взаимодействия, где толщина ребер пропорциональна ПИС, а диаметр узлов коррелирует с объемом продукции, выпускаемой обрабатывающей промышленностью. Далее в три этапа последовательно отсеивались слабые связи. Это было сделано для того, чтобы выявить наиболее устойчивые ребра. Дополнительно с помощью той же программы рассчитывалось значение показателя степени влияния (*eigenvector centrality*) каждого узла. Последнее

¹ Отметим, что вторые города условно соотносятся с крупными и крупнейшими (более 250 тыс.), а большие и средние (50–250 тыс. жителей) – с третьими городами.

² Хотя они лишь немногим меньше, например, Франкфурта-на-Майне (753 тыс. жителей в 2019 году), одного из главных глобальных городов Европы.

³ Поскольку нами использовались значения не людности городов, а объема промышленной продукции, вероятно, более правильным было бы говорить о промышленно-урбанизированном каркасе.



позволило определить ключевые, наиболее влиятельные города макрорегиона.

Нами также был посчитан коэффициент промышленной ориентации как отношение доли города в производстве продукции обрабатывающей промышленности в своем регионе к его доле в численности населения. Значение больше единицы говорит о том, что обрабатывающая промышленность развита в исследуемом городе больше, чем в городах региона в среднем, меньше единицы – наоборот.

Результаты и их обсуждение. Прежде всего отметим, что второй город имеется не в каждом регионе. Так, нет его в Пензенской области (Кузнецк может претендовать в лучшем случае на роль третьего города), в Саратовской¹, Оренбургской и Ульяновской областях по одному второму городу. Это в известной степени ограничивает пространственное развитие указанных регионов. Переход к стратегическому планированию на более высоком, макрорегиональном, уровне в теории должен снять эту проблему.

Большое количество экономических центров отмечается в Самарской области и в Башкирии, где помимо Уфы есть 11 городов с населением более 50 тыс. жителей. Особенно интересно в контексте данного исследования в этой республике скопление городов, таких как Стерлитамак, Салават, Мелеуз, Ишимбай, Кумертау, суммарная людность которых составляет 607,5 тыс. человек

¹ Город Энгельс не рассматривается как второй город из-за близости к региональному центру.

(2020 г.), что сопоставимо, например, с численностью населения Пензы или Тольятти.

Рассмотрим некоторые удельные (в расчете на одного жителя) значения показателей инвестиций и стоимости продукции обрабатывающей промышленности в городах ВУМР. Наибольший удельный объем инвестиций приходится на города с развитой нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленностью (табл. 2). По душевому значению показателя обрабатывающей промышленности города макрорегиона могут отличаться на порядок, что говорит о ее недостаточной развитости во многих центрах. Города Саратовской области по данным показателям выглядят достаточно скромно, что в целом соответствует результатам некоторых исследований (см., например, [18]).

Показательно, что не обнаружена выраженная связь между рангом города и коэффициентом промышленной ориентации, т. е. и первый, и второй, и третий города регионов – субъектов Российской Федерации могут как концентрировать промышленное производство, так и иметь «уклон» в третичный сектор. Данный вывод схож с тем, что был получен нами по результатам работы пятилетней давности [19], впрочем тогда объектом исследования были города Поволжского экономического района.

Ниже приведем графы, созданные на основе рассчитанных значений показателя ПИС (рисунок). Необходимо учитывать, что реальная (географическая) топология рассматриваемых горо-

Таблица 2

Некоторые показатели экономического развития городов с населением больше 100 тыс. жителей Волго-Уральского макрорегиона, 2019 г.

Город	Субъект РФ	Инвестиции на жителя, тыс. рублей	Обрабатывающее производство, тыс. рублей на жителя	Коэффициент промышленной ориентации
Ульяновск	Ульяновская область	28,9	297,1	1,35
Димитровград		44,3	184,7	0,82
Саратов	Саратовская область	72,9	148,2	0,99
Балаково		43,0	133,7	0,90
Энгельс		36,9	311,3	2,07
Самара	Самарская область	94,6	224,9	0,68
Новокуйбышевск		122,4	450,5	1,38
Сызрань		48,5	262,8	0,79
Тольятти		49,5	746,8	2,25
Пенза	Пензенская область	32,0	180,5	1,90
Оренбург	Оренбургская область	115,3	63,3	1,50
Орск		26,8	123,4	1,36
Уфа	Республика Башкортостан	93,2	604,6	1,36
Нефтекамск		18,6	200,5	4,03
Октябрьский		25,0	117,0	1,00
Салават		189,4	1580,2	3,68
Стерлитамак		21,8	341,3	1,31



дов на рисунке нарушена. Они занимают такое положение, которое позволяет более наглядно показать характер связей между ними.

После постройки графа были отсеяны все слабые связи (ПИС менее 30, см. рисунок, а). Это сразу показало слабое взаимодействие Оренбурга и Орска. Примечательно и положение Нефтекамска, который тяготеет скорее к Камской агломерации в Татарстане.

Далее были отсеяны связи с ПИС менее 100 (см. рисунок, б). Данная итерация показала периферийное положение городов Оренбургской области по отношению ко всему макрорегиону. Помимо них, из каркаса «выпали» города Балаково, Октябрьский, Нефтекамск. На последнем этапе были оставлены только самые сильные связи между городами (см. рисунок, в).

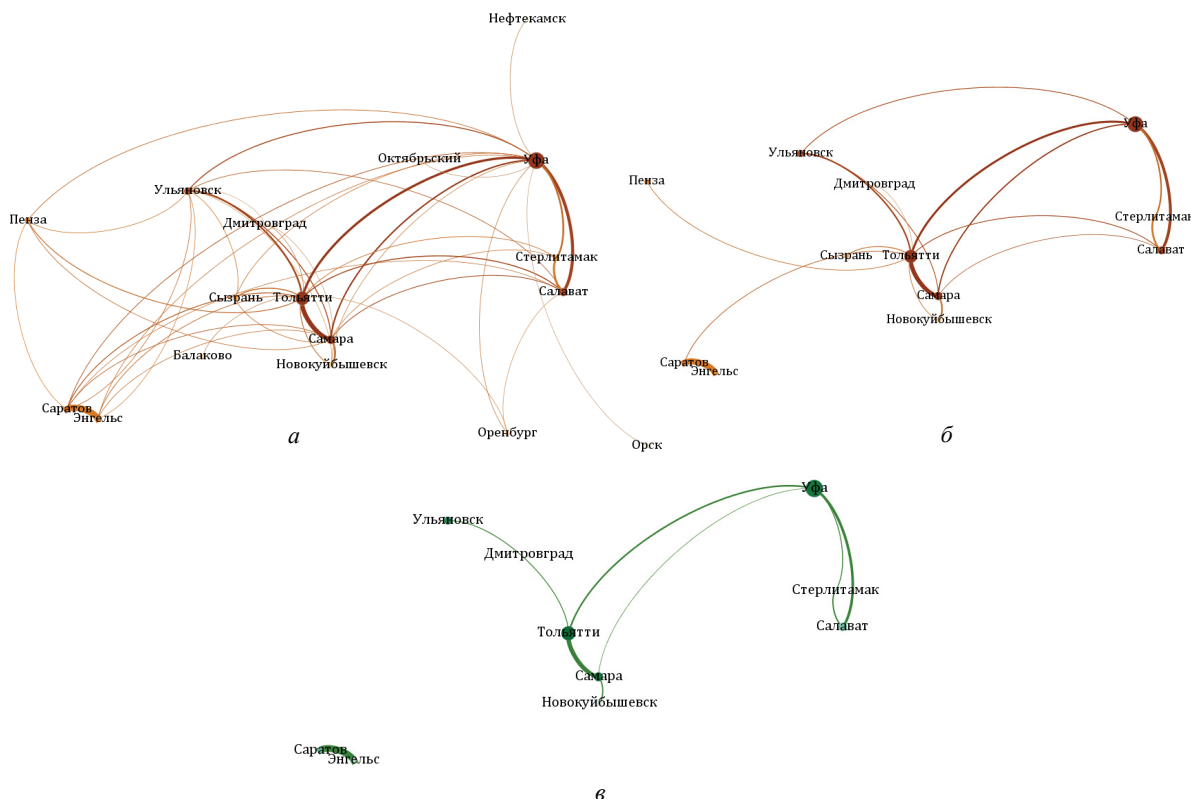
Здесь ожидаемо проявилась центральная роль Самарско-Тольяттинской агломерации для сообщения между городами макрорегиона. Но и Уфа занимает важное место. Отметим, что оторванными от каркаса оказались Саратов-Энгельс, Пенза, а также Оренбург и Орск.

Количественная оценка степени влияния узлов на каждом этапе приведена в табл. 3. Наиболее высокие показатели у Тольятти, Уфы и Самары, однако в условиях затрудненного взаимодействия (ПИС более 300) именно Уфа окажется самым влиятельным узлом графа (это можно видеть и по рисунку, в: у Самары и Тольятти по три связи, а у Уфы – четыре).

Методологических проблем в предложенном подходе несколько. Первой проблемой является то, что сложно сказать, какое значение ПИС (или аналогичного коэффициента) будет отражать реальное межгородское взаимодействие в пределах каркаса, т. е. за пределами какого значения ПИС связь между городами в реальности не формируется из-за экономической малости городов и большого расстояния между ними. Второй проблемой является отсутствие отраслевого разреза взаимодействия экономик городов. Так, очевидно, что города со сходной специализацией потенциально больше заинтересованы во взаимодействии друг с другом, создавая цепочки добавленной стоимости. Но такой информации нет. Третьей проблемой является возможный недоучет реальных объемов производства в городах в силу специфики сбора и публикации статистической информации.

При всем при этом, на наш взгляд, данный подход к построению промышленно-урбанизированного каркаса макрорегиона для выявления потенциала экономических связей между его ядрами в первом приближении достаточно показателен. Он позволяет обнаружить слабое взаимодействие, развитие которого повысит связность всего макрорегиона.

Дальнейшие исследования по данной проблематике можно посвятить проверке соответствия перспективных экономических специализаций (прописанных в Стратегии пространственного



Связи между городами ВУМР: а – ПИС равен или больше 30, б – ПИС равен или больше 100, в – ПИС равен или больше 300



Таблица 3

Значения показателя степени влияния (*eigenvector centrality*) каждого узла при выбранной силе связей

Город	Степень		
	больше 30	больше 100	больше 300
Тольятти	1	1	0,76
Уфа	0,99	0,8	1
Самара	0,94	0,81	0,76
Ульяновск	0,89	0,61	0,28
Саратов	0,74	0,25	0,02
Салават	0,7	0,67	0,59
Энгельс	0,59	0,06	0,02
Пенза	0,59	0,23	0
Новокуйбышевск	0,49	0,42	0,28
Сызрань	0,49	0,23	0
Стерлитамак	0,47	0,34	0,59
Димитровград	0,37	0,23	0
Оренбург	0,35	0	0
Балаково	0,13	0	0
Орск	0,13	0	0
Нефтекамск	0,13	0	0
Октябрьский	0,13	0	0

развития России на период до 2025 года) центрам экономического роста макрорегиона (подробнее [3]). Необходим структурный и пространственный анализ взаимодополняемости отраслей в пределах ВУМР. Следует также расширить каркас, включив в него промышленные центры регионов, соседних по отношению к ВУМР (в частности, города юго-востока Татарстана и запада Челябинской области). Это даст возможность наметить контуры пространственного взаимодействия макрорегионов.

Выводы. Города, являющиеся центрами своих узловых районов и выполняющие собирательную и распределительную функцию, должны иметь в пределах макрорегиона оператора – крупнейший город, обеспечивающий эффективную, справедливую отдачу от экономической деятельности на территории. Это позволит макрорегиону быть не сырьевой периферией, а полноценным субъектом международного разделения труда.

Анализ вторых городов в пределах ВУМР показал, что их промышленная ориентация не больше, чем у первых городов.

Оптимальному формированию промышленно-урбанизированного каркаса в пределах макрорегиона будут способствовать развитие промышленности в Балаково и усиление его экономических связей с городами Самарской области. Перспективно также усиление взаимодействия городов Октябрьский, Туймазы и Бугульма (последний находится в Республике Татарстан) как промежуточного ядра между Уфой и Самарой.

Библиографический список

1. Стратегия пространственного развития РФ на период до 2025 г. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVAlqUtT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf> (дата обращения: 10.01.2019).
2. Блануца В. И. Перспективы пространственного развития геостратегических территорий Российской Федерации // Вестник Пермского университета. Политология. 2020. Т. 14, № 4. С. 27–38. <https://doi.org/10.17072/2218-1067-2020-4-27-38>
3. Блануца В. И. Соответствуют ли макрорегионы распределению перспективных экономических специализаций по регионам России? // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. 2020. № 4. С. 236–247. <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.4.18>
4. Блануца В. И. Макрорегионы в стратегии пространственного развития России : верификация границ по перспективным экономическим специализациям // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. 2020. Т. 22, № 3. С. 30–41. <https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2020.3.3>
5. Преображенский Ю. В. Макрорегионы как надрегиональные инновационные системы : проблема перетока знания // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 17–22. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-17-22>
6. Преображенский Ю. В. Районирование Урало-Поволжья для целей пространственного планирования // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 2. С. 97–103. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-2-97-103>



7. Преображенский Ю. В. «Медленные» и «быстрые» города : специфика и модели развития // Социология города. 2020. № 1. С. 16–25.
8. Преображенский Ю. В. Экономико-географическое и сетевое положение крупнейших российских городов в постсоветский период // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. № 1(52). С. 83–94. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2020-1-84-95>
9. Ланно Г. М. Вице-столицы российских регионов // География. 2008. № 3. С. 5–13.
10. Карачурина Л. Б. Динамика населения центров и вторых городов регионов в России : проявляются ли тенденции к полицентризму? // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2018. № 4. С. 7–21. <https://doi.org/10.1134/S2587556618040076>
11. Власова Н. Ю. Факторы и тенденции развития социально-экономического пространства крупнейших российских городов // Научные труды / Вольное экономическое общество России. 2018. Т. 209, № 1. С. 353–364.
12. Пестич А. С. Анализ основных географических исследований роли «второго города» и «города-конкурента» в регионе // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 2(34). С. 89–95.
13. Чибилев (мл.) А. А., Мелешкин Д. С., Григорьевский Д. В. Пространственная оценка социально-экономического каркаса степных регионов России // Юг России : экология, развитие. 2020. Т. 15, № 3(56). С. 53–65. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-3-53-65>
14. Фомин М. В., Рязанцев С. В., Безвербный В. А., Мирязов Т. Р. Геоинформационное моделирование тенденций пространственного развития Сибири и Дальнего Востока // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2019. Т. 25, № 1. С. 374–387. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2019-1-25-374-387>
15. Безруков Л. А. Институциональный фактор межрегиональных диспропорций в России (на примере Сибири) // Региональные исследования. 2018. № 2(60). С. 79–89.
16. Никольский А. Ф. Современное социально-экономическое положение Сибири и ее роль в возрождении страны // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). 2011. № 2. С. 17.
17. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13206> (дата обращения: 9.03.2021).
18. Шербань Е. Г. Развитие экономического потенциала города (на примере города Саратова) // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2020. № 2(81). С. 67–71.
19. Преображенский Ю. В. Эффект второго города в экономическом развитии субъектов РФ Поволжского экономического района // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 2. С. 21–26.

Поступила в редакцию 20.03.2021, после рецензирования 03.04.2021, принята к публикации 15.05.2021
Received 20.03.2021, revised 03.04.2021, accepted 15.05.2021

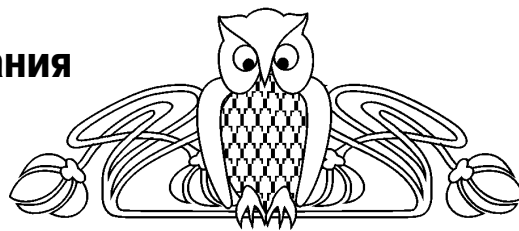


Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 166–168
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 166–168
<http://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-166-168>

Научная статья
УДК 633.551.5

Синоптические условия формирования снежных гроз на территории Западной Сибири



С. И. Пряхина, А. А. Котова✉

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Пряхина Софья Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, psi267269@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>

Котова Анна Анатольевна, магистрант, anna_kotova_1995@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6147-4037>

Аннотация. В статье приведены результаты исследования синоптических условий формирования редкого для территории Западной Сибири опасного явления погоды – снежной грозы. Материалом для исследования послужил архив аэросиноптических данных авиаметеорологического центра г. Ханты-Мансийск.

Ключевые слова: снежная гроза, зимняя гроза, синоптическое прогнозирование, Западная Сибирь

Для цитирования: Пряхина С. И., Котова А. А. Синоптические условия формирования снежных гроз на территории Западной Сибири // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С.166–168. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-166-168>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Synoptic conditions for the formation of thundersnow in the territory of Western Siberia

S. I. Pryakhina, A. A. Kotova✉

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Sofya I. Pryakhina, psi267269@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>

Anna A. Kotova, anna_kotova_1995@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6147-4037>

Abstract. The article presents the results of work on the study of synoptic conditions for the formation of a dangerous weather phenomenon for the territory of Western Siberia – a thundersnow. The material for the study was the archive of aerosynoptic material from the Khanty-Mansiysk Air Meteorological Center.

Keywords: thundersnow, winter thunderstorm, weather forecasting, Western Siberia

For citation: Pryakhina S. I., Kotova A. A. Synoptic conditions for the formation of thundersnow in the territory of Western Siberia. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 166–168 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-166-168>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Введение

Снежная (снеговая) гроза – метеорологическое явление, при котором отмечается выпадение ливневого снега, ледяного дождя или ледяной крупы. Необходимо отметить, что термин «снежная (снеговая) гроза» (англ. *thundersnow*) используется в основном в зарубежной научно-популярной литературе [1, 2]. В «Российском гидрометеорологическом энциклопедическом словаре» [3] данный термин отсутствует, в нем

дается определение грозы как атмосферного явления.

Гроза – это комплексное атмосферное явление, которое характеризуется многократными электрическими зарядами между облаками или между облаком и землей (молнии), сопровождающиеся громом, на суше преобладают летние грозы, над океанами – зимние [3]. Гроза опасна для авиации. Командирам воздушного судна категорически запрещается попадать в грозовое облако, так как мощные восходящие и нисходящие



потоки воздушных масс приводят к разрушению конструкции летательного аппарата. С грозой связаны обледенение, сильная турбулентность, ливневые осадки, град и шквалистый ветер.

Явления погоды конвективного происхождения, опасные в зимний период, мало изучены и сложнопрогнозируемы, особенно в условиях редкой сети климатических станций. Обнаружить участки грозовых очагов можно только с помощью метеорологических локаторов (МРЛ) и спутникового зондирования. Однако на исследуемой территории Западной Сибири отмечается недостаточное распределение сети МРЛ, поэтому не всегда удается спрогнозировать грозу, особенно зимой, с достаточной заблаговременностью [4]. Заблаговременность при авиационном прогнозе играет ключевую роль в обеспечении авиабезопасности, так как капитан воздушного судна должен заранее ознакомиться с условиями погоды по маршруту следования.

В последние десятилетия с потеплением климата на территории Западной Сибири стали отмечаться снежные грозы. Например, в Новосибирске впервые за всю историю метеонаблюдений была зафиксирована снежная гроза 9 декабря 2015 г., в Нижневартовске – 27 февраля 2017 г., а в Ханты-Мансийске были отмечены три случая: в 2016, 2017 и в 2019 гг.

Снежные грозы носят мезомасштабный характер, большая роль в их возникновении отводится местным факторам, поэтому в целях повышения оправданности и заблаговременности прогноза необходимо проводить региональное исследование синоптических условий их формирования.

Объект, материал и метод исследования

Для анализа атмосферных процессов и прогноза погоды составляются синоптические карты, давшие название синоптическому методу изучения и прогнозирования погодных условий. Он основан на выявлении физических закономерностей развития атмосферных процессов с помощью этих карт и разных вспомогательных материалов (аэрологических диаграмм, вертикальных разрезов атмосферы и др.) [5].

Объектом исследования является снежная гроза, которая была зафиксирована в районе аэропорта Ханты-Мансийска в 2016, 2017 и 2019 гг. Аэродром расположен в зоне континентального климата Западной Сибири, в формировании которого существенную роль играет преобладающий перенос воздушных масс с запада на восток. Эти массы, переваливая через Уральские горы, трансформируясь, вызывают резкие изменения погоды. Открытость территории с севера и юга способствует беспрепятственному проникновению арктического холодного воздуха с севера и прогретого умеренного или тропического с юга.

Материалом для исследования послужил архив аэросиноптических данных авиаметеорологического центра (АМЦ) г. Ханты-Мансийска. Были проанализированы синоптические карты, данные радиозондирования и спутниковые снимки в период снежных гроз.

Результаты исследования

Снежная гроза наблюдалась в районе аэродрома Ханты-Мансийска 20 марта 2016 г. в 09.04, 13 марта 2017 г. в 17.21, 7 марта 2019 г. около 19.00. Длительность снежных гроз составила от 5 до 18 мин, они сопровождались шквалистым ветром, максимальная скорость которого составляла 23 м/с, и сильным снегопадом с ухудшением видимости до 200 м.

При изучении аэросиноптического материала было выявлено:

1) грозы наблюдались при прохождении динамически значимых атмосферных фронтов: отмечался большой контраст в поле температуры, а также влажности. В 2016 г. и в 2019 г. снежные грозы отмечались при прохождении фронта окклюзии по типу холодного фронта, а в 2017 г. – под влиянием вершины фронтальной волны;

2) в 2016 г. в слое от земли до высоты 1500 м с юга, юго-востока смещалась влажная воздушная масса и одновременно в слое 1500–3000 м с юго-запада, запада и северо-запада – сухая воздушная масса. В 2017 г. и в 2019 г. перед фронтом окклюзии в теплом секторе была влажная воздушная масса, а за фронтом – сухая;

3) стратификация атмосферы была влажно-неустойчивой;

4) район прогнозирования находился под влиянием струйного течения, на оси которого скорость ветра юго-западного и западного направлений достигала 30 м/с.

Необходимо отметить, что задерживающий слой (инверсия температуры) отмечался только в 2016 г. на высоте 1000–1500 м. При наличии задерживающего слоя выше пограничного образования мощных кучево-дождевых облаков и гроз происходит наиболее активно по типу «взрывной конвекции» [6].

Обязательным фактором возникновения грозового облака в любой период года является наличие условий, способствующих развитию конвекции или иного механизма, создающего восходящие потоки, запасы влаги, достаточного для образования осадков, а также структуры, в которой одна часть облачных частиц будет находиться в жидком состоянии, а другая – в ледяном [7]. Такое возможно, если нижняя часть облака формировалась при температуре воздуха выше 0°C. В верхней части облака при попадании частиц воды в зону отрицательных температур постепенно формируются кристаллы льда. Смешанный состав облака приводит к укрупнению его элементов и формированию грозовой облачности.



Следует отметить, что в марте средняя многолетняя температура воздуха в районе аэродрома Ханты-Мансийска составляет $-9,1^{\circ}\text{C}$. В рассматриваемых случаях при прохождении атмосферного фронта температура воздуха была близка к $+0^{\circ}\text{C}$, т. е. отмечалась аномально теплая погода для начала весеннего периода в Западной Сибири. Можно сказать, что в условиях аномально прогретого воздуха в пограничном слое часть облака формировалась при положительных температурах и состояла из капель.

В рассматриваемых случаях конвекция, благодаря которой развивалось грозное облако, возникла при подъеме теплого воздуха вдоль линии атмосферного фронта при адвекции арктического воздуха. Фронтальная конвекция развивалась одновременно со слоисто-дождевыми облаками и обложными осадками, что маскировало кучево-дождевую облачность.

Кроме конвективной неустойчивости воздуха необходимым условием развития грозного облака является ветер переменного направления. Осадки, образующиеся в восходящем потоке, переносятся по верхнему уровню облака в зону нисходящего потока. Таким образом, зоны восходящего и нисходящего потоков оказываются разделенными в пространстве, что обеспечивает развитие грозного облака.

Во всех трех случаях в средней и верхней тропосфере преобладали сильные ветры с большим вертикальным сдвигом юго-западного и западного направлений, район прогнозирования находился под влиянием мощного струйного течения вблизи тропопаузы. Наличие значительных сдвигов ветра по высотам и струйного течения явилось дополнительным фактором усиления активности атмосферного фронта и развития конвективных движений по типу термически прямой циркуляции [8].

Выводы

В рамках исследования аэросиноптического материала было выявлено, что для формирования интенсивной зимней конвекции необходимо наличие двух факторов: динамического подъема воздуха и большой конвективной неустойчивости атмосферы.

Динамический фактор обеспечивает движение вверх теплого влажного воздуха из нижней тропосферы. В рассматриваемых случаях данный фактор был обусловлен близким расположением центра циклона к району прогнозирования, его циклогенезом, обострением рассматриваемых фронтов и их сближением. Это происходило при атмосферных фронтах с контрастом температур от 10°C и выше, разделяющих воздушные

массы с разной влажностью: при прохождении фронта окклюзии и вблизи вершины фронтальной волны. Таким образом, динамический подъем усиливал конвективную неустойчивость воздушной массы.

Подводя итог, можно выделить следующие синоптические условия, совокупность которых приводит к образованию снежных гроз на территории Западной Сибири:

1) динамический подъем теплой влажной воздушной массы холодным воздухом при прохождении через район прогнозирования активного углубляющегося циклона, вершины фронтальной волны, динамически значимого холодного фронта или фронта окклюзии по типу холодного. При этом воздушная масса перед этими фронтами должна быть аномально теплой для пункта прогнозирования;

2) конвективную неустойчивость атмосферы;

3) наличие мощного струйного течения, вертикальных сдвигов ветров юго-западных и западных направлений в средней и верхней тропосфере.

Все вышеперечисленные условия формируют интенсивную зимнюю конвекцию, приводящую к редкому для территории Западной Сибири метеорологическому явлению – снежной грозе.

Библиографический список

1. Schultz D. M., Vavrek R. J. An overview of thundersnow // Weather. 2009. Vol. 10. P. 274–277.
2. Сайт метеорологической службы Великобритании. URL: <https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/weather/types-of-weather/thunder-and-lightning/thundersnow> (дата обращения: 10.01.2021).
3. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / под ред. А. И. Бедрицкого : в 3 т. Санкт-Петербург ; Москва : Летний сад, 2008. Т. 1. 336 с.
4. Жохова Д. А., Кужевская И. В., Пустовалов К. Н., Чурсин В. В. Случай зимней конвекции по данным ATOVS // Труды / Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского. 2018. № 662. С. 211–214.
5. Дашко Н. А. Курс лекций по синоптической метеорологии. Владивосток : ДВГУ, 2005. 523 с.
6. Андреева Е. С. Вероятностно-географический метод прогнозирования рисков возникновения сильных ветров для равнин юга России // Естественные и технические науки. 2008. № 4. С. 217–221.
7. Леонович И. И. Дорожная климатология в вопросах и ответах. Минск : БНТУ, 2013. 263 с.
8. Латышева И. В., Лоценко К. А., Шахаева Е. В., Сметанин Г. С. Аномальные погодные явления в г. Иркутске в 2013/2014 гг. // Известия Иркутского государственного университета. Серия : Науки о Земле. 2014. Т. 7. С. 84–99.

Поступила в редакцию 22.03.2021, после рецензирования 08.04.2021, принята к публикации 15.05.2021
Received 22.03.2021, revised 08.04.2021, accepted 15.05.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 169–178
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 169–178
<http://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-169-178>

Научная статья
УДК 551.4



Аномальные явления и геоэкологическая обстановка российского Дальнего Востока

Г. П. Скрыльник

Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Россия, 690041, г. Владивосток-41, ул. Радио, д. 7

Скрыльник Геннадий Петрович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, skrylnik@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6318-5186>

Аннотация. Развитие геосистем российского Дальнего Востока протекает под громадным, но противоречивым по своему характеру двойным влиянием континента и океана и осуществляется через атмосферу. Цель статьи – охарактеризовать опасные природные явления в зависимости от дифференцированной природной напряженности Дальнего Востока (максимальной на юге и умеренной на севере), часто вызывающие катастрофы и создающие в целом напряженные геоэкологические обстановки. Методы – сравнительно-географический, геофизический, информационный, а также авторские разработки и т. д. Дальнейшее усиление естественной континентальности климата всего региона предопределяет направленное возрастание в развитии геосистем роли опасных природных процессов. Если произойдет резкое антропогенное потепление климата, возможен ускоренный подъем уровня Мирового океана, что вызовет в береговой зоне усиление абразии, обвалов и оползней. В случае сохраняющегося общего похолодания будет происходить экстремализация всей природной обстановки. Кризисные обстановки в известной мере прогнозируемы, что может помочь в оптимизации рационального природопользования.

Ключевые слова: процессы, континентальность, экстремальные, кризисные обстановки, катастрофические явления, Дальний Восток
Благодарности и финансирование. Работа выполнена по тематическому плану НИР ТИГ ДВО РАН в рамках госзадания Минобрнауки РФ на 2019–2021 гг. «Естественные и антропогенные факторы в эволюции, динамике и устойчивости разноранговых геосистем и их компонентов в переходной зоне: суша – океан» (регистрационный номер темы – АААА-А19-119030790003-1).

Для цитирования: Скрыльник Г. П. Аномальные явления и геоэкологическая обстановка российского Дальнего Востока // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле*. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 169–178. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-169-178>
Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Anomalous phenomena and geoeological situation in the Russian Far East

G. P. Skrylnik

Gennady P. Skrylnik, Leading Researcher, skrylnik@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6318-5186>

Pacific Institute of Geography, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 7 St. Radio, Vladivostok-41 690041, Russia

Abstract. The development of the geosystems of the Russian Far East proceeds under the enormous but contradictory in nature double influence of the continent and the ocean and is carried out through the atmosphere. The goal is to characterize hazardous natural phenomena depending on the differentiated natural tension of the Far East (from maximum in the south to moderate in the north), often causing disasters and creating tense levels of the geoeological situation in general. The article presents comparative-geographical, geophysical, informational methods, as well as author's development, etc. Further strengthening of the natural continentality of the entire region climate predetermines a directed increase in the geosystems development of the role of hazardous natural processes. If a sharp anthropogenic climate warming occurs, an accelerated rise in the level of the World Ocean is possible, which will cause increased abrasion, avalanches and landslides in the coastal zone. In case of a persisting general cooling, a general extremalization of the entire natural environment will occur. Crisis situations are, to a certain extent, predictable, which can help in optimizing rational nature management.

Keywords: processes, continentality, extreme, crisis situations, catastrophic, Far East

Acknowledgments and funding. The work was carried out according to the thematic plan of R&D PGI FEB RAS within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for 2019–2021. «Natural and anthropogenic factors in the evolution, dynamics and stability of geosystems of different ranks and their components in the transition zone: land – ocean» (registration number of the topic – АААА-А19-119030790003-1).

For citation: Skrylnik G. P. Anomalous phenomena and geoeological situation in the Russian Far East. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 169–178 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-169-178>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)



Введение. Развитие геосистем (ГС) российского Дальнего Востока происходит в тектонически и климатически активной зоне контакта материка и океана [1]. Такие взаимовлияния проявляются прямо или опосредованно – через дальневосточные климаты. Их характерными чертами являются: 1) большая значимость в их формировании циркуляционных факторов; 2) главенствующая роль океанического влияния в теплый период года, когда действует летний муссон, и континентального в холодный период, когда муссонная циркуляция накладывается на западный перенос воздушных масс; 3) разнонаправленные (внутри- и межсезонные, годовые, многолетние, вековые ритмы и т. д.), а также разноплановые (региональные, локальные, высотно-поясные) контрасты тепла и влаги на выраженном ветровом фоне циркуляционных факторов. Последние контролируют воздействие на ГС потепления климата. Своего максимума потепление климата в Арктике достигло в 1970–1980-е гг. прошлого столетия и далее стало замедляться и постепенно снижаться. Так, «по аналогии с событиями двух закончившихся циклов солнечной активности можно заключить, что сохранение высоких темпов потепления Арктики в обозримой перспективе маловероятно» [2, с. 129]. Об этом также может свидетельствовать уменьшение площади и количества термокарстовых озер на Чукотке как показатель снижения деградации вечной мерзлоты (по данным автора).

С этим совпадают также выводы международных экспертов о начавшемся похолодании климата [3], которое, согласно нашим исследованиям, характеризуется усилением.

В ходе многопланового взаимодействия континентальности и океаничности в конечном счете создаются биометеоэнергетические предпосылки для развития специфических ГС и одновременно геоморфологических ландшафтов – своеобразных регуляторов устойчивости общих ГС.

Цель исследования – охарактеризовать опасные природные явления (часто повторяющиеся и охватывающие значительные территории) в зависимости от дифференцированной природной напряженности Дальнего Востока (максимальной на юге и умеренной на севере), создающие в целом напряженные геоэкологические обстановки.

Материалы исследования – использованы данные наших многолетних геоморфологических и геоэкологических исследований в Хибинах и Большеземельской тундре (1955 г.), в бассейне низовий р. Оби (1963–1964 гг.), на Чукотке и о-ве Врангеля (1957–59 гг., 1971–72 гг.), в бассейне р. Колымы (1971–72 гг.) и в Приохотье (1974–75 гг.), на низменностях (1974–79 гг.), в горах и прибрежных районах, на островах юга Дальнего Востока (2007–2014 гг.), частично подтвержденных материалами аэрофотосъемок 2007 г. залета, а также доступные литературные и фондовые источники.

В исследованиях применены известные «методы сквозного изучения комплексной географической оболочки»: сравнительно-географический, информационный, палеогеографический [4] и др. [5].

Результаты исследования и их обсуждение. Под термином «аномальность» автором понимается любое отклонение фактора или процесса от нормы – типичного состояния. Общий термин «аномальность» включает «экстремальность (критичность – когда возврат нарушенного объекта после «снятия» воздействия возможен к исходному состоянию, и кризисность – когда возврат нарушенного объекта к исходному состоянию затруднен и чаще невозможен) и катастрофичность – объект в ходе воздействия частично или полностью разрушается» [1, с. 26].

Преобладание материкового или океанического влияния на развитие рельефа российского Дальнего Востока всегда выражается в активизации соответствующих экзогенных процессов. Так, в первом случае в ходе экзогенного морфогенеза активизируются аридные и мерзлотные процессы, во втором – гумидные и гляциально-нивационные. Конкретные показатели (качественные или количественные) интенсивности, направленности и соотношения «аридных и мерзлотных – гумидных и гляциально-нивационных» рельефообразующих процессов помогают вскрыть тенденции развития надводного рельефа Дальнего Востока [1, 6]. Факторы и процессы, участвующие в создании и дальнейшем развитии ГС Дальнего Востока, отличаются по интенсивности и времени проявления. По этим признакам они обособляются в две группы – типичные и аномальные.

В развитии ГС материковых участков Дальнего Востока прослеживается тенденция к уменьшению частоты смены равновесных и неравновесных состояний (при господстве равновесных) и тем самым к увеличению естественной устойчивости ГС; в прибрежных – тенденция к ее увеличению (при сохраняющемся еще балансе равновесных и неравновесных состояний), что стимулирует рост числа и масштабов природных катастроф [7, 8]. Это согласуется с дальнейшим увеличением общей континентальности Дальнего Востока.

Существенные коррективы в указанное развитие могут быть внесены глобальным потеплением климата, если последнее будет продолжаться. Это потепление является результатом деятельности человека (сжигание топлива приводит к увеличению CO_2 в атмосфере, что приводит к поглощению атмосферой теплового излучения Земли и переотражению его обратно). В последние сорок лет отмечается рост глобальной температуры: каждые десять лет она повышалась на $0,17^\circ\text{C}$. Температура на территории России растет значительно быстрее – $0,45^\circ\text{C}$ за 10 лет (особенно в Арктике – $0,8^\circ\text{C}$) [9, 10]. Потепление на Земле сказывается в росте уровня



Мирового океана, снижении площади снега и морских льдов, таянии ледников и деградации вечной мерзлоты. При этом существуют регионы, в которых потепление «приостановилось». К ним относится небольшой район в Северной Атлантике, где из-за замедления течения Гольф-стрима, вызвавшего снижение переноса им тепла, и, вероятно, изменения движения потоков воздуха на полюсе отмечается локальное снижение температуры воздуха [11, 12]. В этом же ряду находятся регионы Арктики [13], а также российский Дальний Восток [14].

В целом пространственные характеристики имеют свои принципиальные отличия в общем балансе тепла и влаги из-за направленного роста зимнего похолодания. В результате уже на Чукотке эффект глобального потепления «исчезает». В итоге составляющие термодинамического состояния региональных природных обстановок в общем балансе колеблются вокруг среднего уровня с четко выраженной тенденцией преобладания похолодания над потеплением. Это характерно для всего Дальнего Востока [14].

Таким образом, остановка общего глобального потепления в Арктике сменяется региональным похолоданием. Это косвенно подтверждается и по другим регионам. Так, в конце декабря 2020 г. наблюдалась экстремально холодная погода в Сибири (в центре Красноярского края, в п. Ванавара – до минус 50°C). Здесь уместно отметить, что «такие показатели близки к рекордным и являются следствием глобального потепления. Глобальное потепление – не только высокие температуры, это еще и большая ее амплитуда переменчивости» (по материалам Р. М. Вильфанда, 2020 г.). Следовательно, на фоне глобального потепления (или его остановки, как в Арктике) действительно происходят региональные похолодания.

Резкие изменения (потепление или похолодание) климата приводят к повышению частоты аномальных (опасных) процессов и явлений (усиление термокарста, засух, наводнений и штормов и, наоборот, увеличение ледовитости морей, изреживания растительного покрова, морозобойного растрескивания грунтов и др.). Так, число опасных явлений в России увеличилось с 206 в 1996 г. до 380 в 2016 г. При этом аномальные явления, наблюдаемые в течение двух последних десятилетий, оказались более интенсивными и разрушительными чем когда-либо [10]. Это согласуется и с аналогичными международными данными, собранными Munich Re Group.

Изменения вечной мерзлоты – деградации или аградации (площади, мощности, температурного режима) – проявляются в направленности термокарстовых процессов (в возрастании или приостановке-сокращении числа и площади термокарстовых озер).

В дополнение укажем, что на юге Дальнего Востока с потеплением или похолоданием связа-

но возникновение других аномальных процессов (например, наводнений и резкого усиления эрозии почвы летом или возникновение новых и «возрождение» древних курумных образований в зимнее время). Кроме того, в области похолодания происходит особенно резкая конфронтация континентальных и океанических влияний, порождающая возникновение частых критических и кризисных обстановок в развитии ГС, особенно вдоль охотоморского и япономорского мегаберегов, от Приморья до Приморья.

Совместный вклад потепления и похолодания в развитие ГС Дальнего Востока сказывается во взаимодействии сложнопереплетающихся континентальных и океанических морфогенетических влияний. Последние отражаются в спектре соседствующих чужеродных образований (криогенных – гляциальных) в пределах тихоокеанских мегаберегов.

Антропогенные и природные факторы по сути своего влияния на ГС носят противоречивый характер. Если рассматривать локальный уровень организации ГС, то антропогенное влияние прослеживается на нем регулярно и повсеместно. На региональном уровне антропогенные факторы проявляются часто дискретно, на континентальном – дискретно (нечасто), на глобальном – единично. Антропогенные факторы, воздействуя преимущественно на ландшафт в целом, проявляются в «промерзании» и аридизации. Это приводит на севере Дальнего Востока к образованию фрагментарных участков арктических пустынь с тенденцией к продвижению на соседние участки тундры. На юге же наблюдается противоположная картина – степь наступает на лесные массивы.

В антропогенных обстановках Дальнего Востока аномальные процессы (например, термокарстовые на Чукотке после сведения лесной растительности и кустарничково-мохового покрова, ранее оказывавших охлаждающее влияние на почвогрунты) резко активизируются и становятся в эти моменты типичными для трансформируемых ГС. Таким образом, в антропогенных ситуациях пороговые уровни напряженности аномальных процессов (в частности, критических) заметно снижаются, сближаясь с уровнями типичных, когда повышается и вероятность «геоэкологических рисков».

Поскольку гигротермодинамические характеристики аномальных процессов на севере и юге Дальнего Востока контрастно отличаются, эти регионы в тематическом плане (региональном, провинциальном и топологическом-локальном) ниже рассматриваются раздельно.

Север Дальнего Востока

В современных природно-климатических обстановках на большей части региона наблюдается высокая активность природных процессов (на *Чукотке* – термокарста, термоабразии,



морозобойного трещинообразования, наледей, солифлюкций [1]; в **Приколымье** – криогенеза и (или) «малого гляциогенеза» [6]; на **Камчатке** – обвалов, вулканизма, селей [15–17] и цунами [18]), но отмечается еще в пределах фоновой нормы типичных и реже критических уровней. В условиях антропогенного пресса частота их проявления резко возрастает.

Полярные ландшафты не выдерживают кризисных и катастрофических воздействий на их деятельные поверхности из-за резкого изменения ранее сложившегося здесь баланса тепла и влаги (например, в ходе быстрого и значительного потепления, повышенного выпадения атмосферных осадков, механических и пирогенных трансформаций почвенно-растительного покрова) (рис. 1).

Природные риски возникают как результат нарушения сложного комплексования разных по устойчивости факторов и процессов. Типичных – из-за кумулятивных эффектов, а также деструктивных сочетаний и переходов «от экстремальных до катастрофических». При этом уровни этих рисков (экзо- и эндодинамических) предопределяются многоплановым влиянием на ГС соответствующих аномальных факторов и процессов [1, 17, 19 и др.].

Согласно разным оценкам [1, 20, 21], глобальное потепление климата проявится на севере Дальнего Востока в системнозначимых рамках. Оно может сопровождаться повышением среднегодовых температур воздуха и почвогрунтов на 1–2°C и (или) увеличением жидких атмосферных осадков более чем на 50–100 мм, а также подъемом уровня моря до 1–2 м и более. В этом случае активизируются процессы термоабразии и термоденудации вдоль морских берегов, а на остальной территории термокарста, солифлюкций, обвалов и селей (вплоть до кризисных и катастрофических площадных разрушений ГС).

Если же глобальное потепление устойчиво сменится направленно усиливающимся похолоданием, то в трансформациях ГС зримо проявятся активные процессы криогенеза и аридизации (морозобойного растрескивания, наледе- и курумообразования и др.), в результате которых возникнут новые геоэкологические риски и катастрофы.

Вышеприведенные материалы показывают, что геоэкологические риски на севере Дальнего Востока крайне высоки и потенциально опасны.

Юг Дальнего Востока

Этот регион ассоциируется с одной из наиболее активных термогидродинамических ячеек энергетической сетки комплексной физико-географической оболочки [1]. Это выражается в сложном и противоречивом многообразии и переплетении природных рубежей. Кроме того, положение последних позволяет определить важнейшие зоны энергетических воздействий (северного и западного континентального влияния – южного и восточного океанического) на ГС, что подтверждается многими работами автора.

Рассмотрим аномальные явления, проявляющиеся в отдельных районах юга.

Приохотье – зона высокой концентрации и обострения землетрясений до 7 баллов раз в 100 лет, активизации обвалов, отседания склонов, лавин, селей, «возрождения» древних курумов и появления новых в отдельных районах даже охотоморского мегаберега, в окрестностях г. Охотска [14].

Приамурье – область повышенных геоэкологических рисков [6]:

тайфунов (например, «LEKIMA» 14 августа 2019 г. и «KROSA» 16 августа 2019 г. и др.). Тайфуны сопровождались обильными осадками и подъемом уровней воды на малых и средних ре-

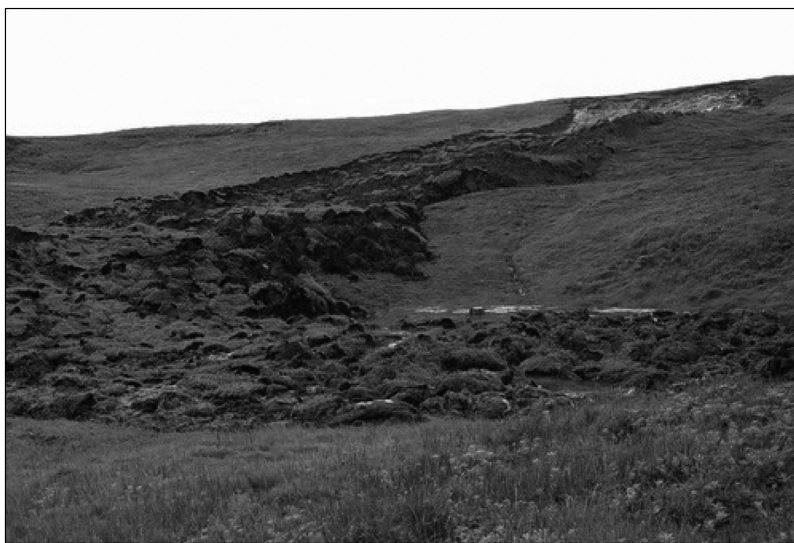


Рис. 1. Проседание грунта в нижней половине склона, трансформирующееся в солифлюкционные потоки (неподалеку от пос. Лаврентия, Чукотка) (фото А. А. Галанина, 2020 г.)



ках в южных и западных районах до 2,0–3,5 м, а в центральных и восточных на 1,0–2,0 м. Одновременно отмечались большие наводнения на р. Амур, где подъем уровня воды в г. Хабаровске достиг 6,3–6,8 м над меженным уровнем;

гигантских наводнений на нижнем Амуре в летне-осеннее время продолжительностью до полугода, с высотой подъема воды в пределах 6–11 м и шириной разлива до 1,0–1,5 км. В это время происходили переформирование речных долин и смыв почв с заилением пойм. Наиболее разрушительные из них случились в 1872, 1928, 1950, 1953, 1956, 1960 и 1964 гг., а одно из последних произошло в 2013 г. (Хабаровский край, Амурская и Еврейская области) [22, 23];

лесных и степных возгораний, чаще вызванных антропогенными факторами и реже сухими грозами; за последние два столетия случались

с периодичностью раз в 20–30 лет. Последние крупные пожары произошли осенью 2001 г. и летом 2002 г. После масштабных возгораний выпадение большого количества осадков приводит к интенсивному плоскостному смыву и эрозии почв, что становится непосредственной причиной образования оврагов, котлованов и т. д. [24]; *активных гравитационных процессов*, которые вызывают гигантские обвалы, оползни (рис. 2) [25] и *лавины* [1].

Районы Приамурья находятся в области начавшегося похолодания. О последнем свидетельствуют многие факты. Так, черная береза является четким индикатором континентальности. Исследования в Южном Приамурье и в Приморье (данные Г. Э. Куренцовой, 1973 г.) показали, что ареалы черной березы смещаются в восточном направлении. Во второй половине XX сто-



а



б

Рис. 2. Крупный оползень (11 декабря 2018 г.) на крутом левом склоне долины р. Бурея в 20 км выше впадения в нее большого левого притока (р. Тырма), полностью перекрывшего высокой плотиной из обломков скальных пород заполненную водохранилищем Бурейской ГЭС долину реки: а – общий вид оползня и его стенка срыва (в виде амфитеатра); б – оползневое тело этого же оползня (фото с вертолета А. Н. Махинова, 2018 г.)



летия они «вышли» к главному водоразделу хр. Сихотэ-Алинь, а в отдельных местах «появились» и на япономорском мегасклоне. Такие пространственные изменения ареалов черной березы указывают на рост континентальности в районе. Следовательно, это свидетельствует и о направленном похолодании здесь климата.

Дальневосточная зона трассы БАМ. Вмешательство в режим рельефообразования этого района путем уничтожения растительности, нарушения баланса влаги, изменения крутизны склонов и т. п. приводит в пространственном отношении к нежелательным последствиям (*активизации мерзлотных процессов, эрозии, лавинообразованию, росту заболоченности и др.*).

Приморье – к опасным природным явлениям, часто повторяющимся и охватывающим значительные территории, относятся [1, 24]:

а) во внутриконтинентальных районах:

аномальные ливни (1/3 годовой нормы из 600–900 мм за сутки) и *наводнения* (быстрый подъем уровня воды в реках – от 3,6 до 5,0 м/сут), обычно разноамплитудные, возросшие и участвовавшие за последние 50 лет. Было отмечено 18 масштабных наводнений. Самым мощным за последние 100 лет стало Приморское наводнение 2016 г., связанное с приходом тайфуна «Лайонрок», когда выпала трехмесячная норма осадков (по материалам Примпогоды, 2017 г.). В устьевых частях рек Киевки, Черной и Милоградовки на морском побережье подъем уровней превышал 6,0 м. Воздействие на ГС в это время резко возрастало из-за наложения на них эффекта штормовых нагонов, вызываемых ураганскими ветрами при прохождении тайфуна над береговой зоной. В результате здесь происходил экстремальный размыв аккумулятивных берегов;

линейные эрозии, интенсивно формирующие борозды, рытвины и овраги;

наледы – грунтовые, речные и ручьевые, особенно в аномально суровые зимы;

курумообразование и осытеобразование с усилением в горах юга Дальнего Востока. Это связано с явно возрастающей континентальностью и с усиливающимся воздействием на лесные ландшафты антропогенных факторов. На гарях и вырубках «возрождаются» *древние курумы*;

оввалы, осыти и оползни, которые проходят преимущественно на горных участках, но особенно активно во время землетрясений (рис. 3);

ураганские ветры, вызывающие развевание рыхлых покровов, разрушение линейных и точечных хозяйственных объектов;

засухи и суховеи, приводящие в весенне-летнее время к резкому иссушению и ветровой эрозии почв, благоприятствующие глубокому промерзанию и растрескиванию почвогрунтов. В Приханкайской лесостепи наибольшую угрозу устойчивости местным ГС представляют эоловые процессы и (или) совпадающие с ними даже непродолжительные, но интенсивные осадки в виде дождя. Последние приводят к смыву верхнего слоя почвы, образованию оврагов и оползней, наносят значительный ущерб распаханым площадям;

пожары (прежде всего, лесные), вызывающие площадное уничтожение лесных группировок и следующую за этим «активизацию» плоскостного смыва и эрозионного расчленения лишенных растительности территорий.

б) в прибрежных зонах:

сочетание аномальных ливней и наводнений (лето-осень), *сильные штормы* (осенью и зимой при повторяемости волн высотой свыше 4,5 м, а при прохождении в августе-сентябре тайфунов волн высотой до 10–12 м) и *штормовые нагоны* (волны высотой до 4–6 м);



Рис. 3. Медленно смещающийся оползень в бухте р. Неми (хр. Северный Сихотэ-Алинь) (фото А. М. Короткого, 2011 г.)



цунами (наиболее подвержен им юго-восток, восток и север региона [1, 26]; за последние 2,5 тыс. лет зафиксированы 17 крупных цунами; при прохождении в августе-сентябре тайфунов были цунами высотой свыше 4,0–5,0 м;

Для примера ниже охарактеризованы некоторые из указанных цунами и их последствия:

– 5 сентября 1971 г. было отмечено цунами в бухтах Советская Гавань и Адими, волны достигали высоты 3,0 м. Вследствие обрушения этих волн на сушу были разрушены кекуры бухты Кюмы и исчезли аккумулятивные формы, служившие своеобразным барьером между оз. Бурное и морскими водами;

– 26 мая 1983 г. зафиксировано цунами на юго-восточном побережье Приморья (в районах г. Находка и бухты Рудная Пристань). Здесь волны в зависимости от места их обрушения достигали разной высоты (от 40 см до 4,0–5,0 м). Деструктивные изменения коснулись побережья на северо-востоке – в бухте Триозерья, где образовался масштабный бенч, ширина которого составила 150 м. По степени разрушительности цунами 1983 г. равно эрозийной деятельности в акватории Японского моря в течение 10 лет;

– 13 июля 1993 г. цунами обрушилось на южную часть Приморья, высота волн достигала 0,6–4,5 м. Были разрушены портовые и промышленные сооружения, повреждены огоры морских культур и малые суда, смыты многие прибрежные участки. Так, полностью были смыты морская терраса, прилегающие постройки и подводный бар в пойме р. Рудная. При этом на севере от устья р. Рудная были подмыты резервуары с горючесмазочными материалами, однако разлива токсичных жидкостей, к счастью, не произошло. В прибрежной полосе бухты Зеркальная в это время полностью исчез мелкозем, но остались принесенные цунами

обломки сооружений, камни и морской грунт (рис. 4).

Последствия цунами 1971, 1983 и 1993 гг. стали причиной резких ландшафтных преобразований, по своей разрушительности их можно сравнить со всеми штормами, начиная с 1962 г. и заканчивая 1993 г.;

обвалы, оползни и осыпи (совпадающие с землетрясениями). Последние активизируют также процессы *абразии* коренных берегов и возникновение разных нарушений хозяйственных объектов [1, 27];

землетрясения (силой 4–8 баллов – 1902, 1913, 1950, 1955, 1971, 1976, 1984 и 1995 гг.);

грунтовые и речные наледи максимально активными бывают в аномальные зимы; *запледские наледи* наиболее значимы на открытых побережьях;

явления усиливающихся обратных течений, вызывающих размыв и уход наносов на подводный склон и *размыв аккумулятивных форм* бережий [1].

В целом геоэкологические риски в Приморье будут возрастать по ходу усиливающейся континентальности и криотизации всей природной обстановки [1, 24].

Курильские острова протягиваются от полуострова Камчатка до острова Хоккайдо, выпуклой дугой отделяя Охотское море от Тихого океана. Их протяженность равна 1,2 тыс. км, а общая площадь – 10,5 тыс. км². Они входят в Тихоокеанское вулканическое огненное кольцо и включают 68 надводных вулканов.

Среди аномальных процессов, наблюдающихся на Курильских островах, выделяются:

катастрофические ливни и снежные лавины, тайфуны (в частности, «Хагибис», 13 октября 2019 г.; проходят несколько раз в год, скорость ветра до 33 м/с – данные Гидрометслужбы, 2019 г.);



Рис. 4. Следы воздействия цунами 1993 г. – «изменения» пляжа (бухта Зеркальная, Восточное Приморье) (фото А. М. Короткого, 1993 г.)



сильные штормы и штормовые нагоны (высота 2–5 м);

цунами (на Тихоокеанском побережье островов Уруп и Итуруп отмечались волны свыше 23 м раз в 100–200 лет, 8–23 м раз в 50–100 лет, 3–8 м раз в 20–30 лет, 1–3 м раз в 10 лет (по данным С. Л. Соловьева и Ч. Н. Го [29])). Воздействие цунами на геосистемы в течение исторического времени и прошлых эпох прослежено методами дендрологического (данные В. В. Иванова и К. В. Симонова) и спорово-пыльцевого и радиоуглеродного анализов (по материалам Т. А. Гребенниковой, Н. Г. Разжигаевой и Л. А. Ганзей);

обвалы и оползни на склонах, абразия коренных берегов и *размыв аккумулятивных форм*;

селевые и лахаровые процессы вблизи вулканов и в пределах денудационно-тектонических хребтов [28, 29];

вулканы. Среди действующих (активных) и потенциально активных вулканов выделяются Алаид и Пик Сарычева [28–30].

В целом геоэкологические риски на Курильских островах достаточно высоки и, по оценкам экспертов, будут возрастать [1, 29 и др.].

Остров Сахалин находится на стыке сухопутных и морских влияний. В перечень основных геоэкологических рисков этой области входят *цунами* и *лавины*. В зоне риска находятся 63 населенных пункта (в них проживают 36% жителей Сахалинской области), а также порядка 500 км автомобильных и железных дорог [31, 32].

Цунами случаются примерно раз в 5–10 лет. Могут быть в любой части острова, однако чаще всего наблюдаются в юго-западной его части, где отмечается наивысшая сейсмическая активность. Значительный ущерб прибрежным районам на юго-западе Сахалина был нанесен цунами в 1971 г.

Лавины сходят с периодичностью раз в 10 лет и становятся причиной разрушения хозяйственных объектов [1, 24, 32].

Следы лавин (мелкобугристые накопления лавинных конусов у подножий склонов, сплошь покрытых бамбуковыми зарослями на месте вырубленных лесных насаждений в период оккупации острова Японией), сошедших по пригнутому «бамбуковому слою», были исследованы автором в 1971 г. вблизи пос. Томари.

Сели. Объем селевых выносов на Сахалине достигает нескольких десятков тысяч кубических метров. К наиболее селеопасным территориям относятся участки Южно-Прибрежной горной цепи и Охотоморский район (рис. 5) [33–35].

Эоловые процессы. На северо-западе острова сильные ветры вызывают дефляцию песков. Возникающие дюны (высота до 15 м, длина до 90 м) передвигаются к северо-западу примерно на 2 м/год.

Геоэкологические риски на о. Сахалин сохраняются на достаточно высоком уровне.

Общерегиональные опасные явления на юге Дальнего Востока. Особо выделяется *западный перенос эоловой пыли* на юге Дальнего Востока, отмечавшийся в весенние периоды 2002 г. и 2004 г. Количество материала, поступившего за одну интенсивную пыльную бурю в 2004 г., было сопоставимо с выпадением эолового материала на суше за весь зимний сезон этого периода без аномалий, а на морских акваториях существенно превышало данную величину (по данным Росгидромета и наблюдений И. И. Кондратьева, 2004 г.).

Аномальные процессы еще до недавнего прошлого (в целом до середины голоцена) на юге Дальнего Востока протекали очень активно. Установлено широкое проявление разноо-



Рис. 5. Катастрофические следы грязевого селя в г. Макаров (юго-восточное побережье о. Сахалина, 6 сентября 2018 г.) (фото с сайта <https://sakh.com>)



бразных экстремальных и катастрофических процессов на отдельных возрастных рубежах. В частности, эти даты для *лесных пожаров* (около 5,5 тыс., 2,8 тыс., 1,87 тыс., 0,5 тыс. лет назад) в бассейне рек Самарги, Единки, Партизанской, Киевки и др., *штормовых нагонов* (около 4,7 тыс., 2,4 тыс., 1,3 тыс., 0,6 тыс. лет назад) и *цунами* на морских побережьях (около 4,8 тыс., 3,6 тыс., 2,8 тыс., 0,94 тыс. лет назад) [1, 24, 29].

Среди указанных опасных явлений выделяются «речные перестройки». Они вызывают и поддерживают длительное развитие аномальных ландшафтопреобразующих процессов.

В целом геоэкологические риски достаточно высоки и по оценкам экспертов будут возрастать [1, 29 и др.].

Выводы

1. Оценка интенсивности аномальных процессов в пределах территории российского Дальнего Востока позволяет отнести побережья Японского и Охотского морей, Камчатку, вершинный пояс гор, глубоко врезанные и крутосклонные речные долины и островные территории к динамически наиболее активным зонам с весьма неустойчивыми геосистемами. Эти пространства часто подвергаются воздействию экстремальных и катастрофических факторов.

2. Пространственно-временной характер природных рисков в пределах севера и юга Дальнего Востока четко дифференцирован. На севере это прежде всего относительно медленное возникновение нового экзогенного облика полярных ландшафтов (в основном из-за контраста баланса тепла и влаги, вызывающего относительно плавные кризисные трансформации криосферы). На юге происходит скачкообразное появление экзоэнтодинамических форм (из-за быстрой, в частности пирогенной, перестройки почвенно-растительного покрова в континентальной части), «одномоментных» новообразований и перестроений из-за воздействия цунами береговых ландшафтов.

3. Намечившееся дальнейшее усиление континентальности климата [36–38 и др.] предопределяет направленный рост в развитии ГС опасных процессов. Увеличение же контраста между континентальными и океаническими влияниями приводит к экстремализации природных процессов. Это вызывает сближение пороговых рамок между типичными и опасными процессами, обозначая в данном случае их «похожесть». В то же время благодаря повышенной консервативности геоморфологических и пластичности фитогенных подсистем ГС рассматриваемых регионов успевают приспосабливаться к изменяющимся условиям. Поэтому направленного площадного разрушения ГС в естественных условиях сейчас не отмечается [1, 26, 29 и др.]. Если наступит резкое антропогенное потепление

климата, возможен ускоренный подъем уровня Мирового океана, что вызовет в береговой зоне усиление абразии, обвалов и оползней [21].

4. В условиях современного антропогенного пресса на ГС риски экзогенных аномальных процессов возрастают (в интенсификации оползней на склонах техногенных выемок, ускорении размывов линейных сооружений и др.). Это было прослежено автором на Приморском участке трассы магистрального нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» [39, 40].

5. Экзогенные кризисные обстановки и катастрофы, обозначаемые основными уровнями устойчивости в организации ГС [41], в известной мере прогнозируемы, что позволяет вносить определенные коррективы в практику рационального природопользования. Выбор стратегии последнего в рассматриваемых районах должен быть всесторонне «щадящим», максимально учитывающим существующие природные риски и определяемые ими экологические ограничения.

Библиографический список

1. Короткий А. М., Коробов В. В., Скрыльник Г. П. Аномальные природные процессы и их влияние на состояние геосистем юга российского Дальнего Востока. Владивосток : Дальнаука, 2011. 265 с.
2. Ловелиус Н. В., Ретеюм А. Ю. Циклы солнечной активности в Арктике // Общество. Среда. Развитие. 2018. № 1. С. 128–130.
3. Глобальная служба атмосферы (ГСА) – Global Atmosphere Watch Programme. URL: <https://public.wmo.int/.../programmes/global-atmosphere-watch-programme> (дата обращения: 16.06.2018).
4. Марков К. К., Добродеев О. П., Симонов Ю. Г., Суэтова И. А. Введение в физическую географию. Москва : Высшая школа, 1973. 183 с.
5. Скрыльник Г. П. Методические подходы к определению устойчивости геосистем // Взаимодействие общества и окружающей среды в условиях глобальных и региональных изменений. Барнаул : МГС, НКГР, РГО, ИГРАН, МГУ, ИВЭП СО РАН, АлтГУ, 2003. С. 298–299.
6. Север Дальнего Востока / колл. авторов, АН СССР, СВКНИИ ; отв. ред. Н. А. Шило. Москва : Наука, 1970. 488 с.
7. Бак П., Чен К. Самоорганизованная критичность // В мире науки. 1991. № 3. С. 16–24.
8. Мягков С. М. География природного риска. Москва : Издательство Московского университета, 1995. 222 с.
9. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. Санкт-Петербург, 2017. 106 с.
10. Анисимов О. А., Жильцова Е. Л. Об оценках изменений климата регионов России в 20 и начале 21 века по данным наблюдений // Метеорология и гидрология. 2017. № 6. С. 95–107.
11. Marvel K., Cook B. E., Bonfils C. J. W., Durac P. J., Smerdon J. E., Park W. Changes in the hydroclimate of the 20th century, according to Facing Human Influence // Nature. 2019. Vol. 569 (May 1). P. 59–65.



12. МГЭИК. Изменение климата, 2014 г. : Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / ред. Р. К. Пачаури и Л. А. Мейер. МГЭИК, Женева, Швейцария. 163 с.
13. Smith L. C., Sheng Y., Macdonald G. M., Hinzman L. D. Disappearing Arctic lakes // *Science*. 2005. Vol. 308, № 5727. 1429 p.
14. Скрыльник Г. П. Курумообразование и общая тенденция развития рельефа Дальнего Востока // *Геоморфология и неотектоника горных стран Дальнего Востока*. Владивосток : Издательство ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 86–88.
15. Мелекесцев И. В., Брайцева О. А., Пономарева В. В., Базанова Л. И., Певзнер М. М., Сулержицкий Л. Д. Эндеогенные катастрофы в голоцене на Камчатке и Курильских островах // *Доклады РАН*. 2003. Т. 389, № 5. С. 662–665.
16. Мелекесцев И. В. Вулканизм и рельефообразование. Москва : Наука, 1980. 212 с.
17. Мелекесцев И. В., Брайцева О. А. Гигантские обвалы на вулканах // *Вулканология и сейсмология*. 1984. № 4. С. 14–23.
18. Пинегина Т. К., Мелекесцев И. В., Брайцева О. А., Базанова Л. И., Сторчеус А. В. Следы доисторических цунами на восточном побережье Камчатки // *Природа*. 1997. № 4. С. 102–107.
19. Брыксина Н. А., Кирпотин С. Н. Ландшафтно-космический анализ изменения площади и количества термокарстовых озер в зоне многолетней мерзлоты Западной Сибири // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2012. № 4(20). С. 185–194.
20. Каплин П. А. Особенности динамики и строения берегов полярных морей (на примере Чукотского моря) // *Новые исследования береговых процессов*. Москва : Наука, 1971. С. 22–34.
21. Каплин П. А., Селиванов А. О. Глобальное потепление климата и его влияние на уровень моря // *Современные глобальные изменения природной среды : в 2 т*. Москва : Научный мир, 2006. Т. 2. С. 94–121.
22. Болгов М. В., Алексеевский Н. И., Гарцман Б. И., Георгиевский В. Ю., Дугина И. О., Ким В. И., Махинов А. Н., Шалыгин А. Л. Экстремальное наводнение в бассейне Амура в 2013 году : анализ формирования, оценки и рекомендации // *География и природные ресурсы*. 2015. № 3. С. 17–26.
23. Махинов А. Н., Ким В. И. Влияние изменений климата на гидрологический режим реки Амур // *Тихоокеанская география*. 2020. № 1. С. 30–39.
24. Юг Дальнего Востока / отв. ред. академик А. Л. Яншин, д-р геолого-минералогических наук В. А. Николаев. Москва : Наука, 1972. 423 с.
25. Кулаков В. В., Махинов А. Н., Ким В. И., Остроухов А. В. Катастрофический оползень и цунами в водохранилище Бурейской ГЭС (бассейн Амура) // *Геозология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2019. № 3. С. 12–20.
26. Игнатов Е. И., Лохин М. Ю., Никифоров А. В., Фроль В. В. Геоморфологические проблемы цунамиопасности (на примере Японского моря). Смоленск : Маджента, 2008. 127 с.
27. Лебедев И. И., Невский В. Н. Типы берегов и опасные геоморфологические процессы на берегах островов Русский и Шкота (залив Петра Великого, Японское море) // *Тихоокеанская география*. 2020. № 4. С. 47–53.
28. Атлас Курильских островов / отв. ред. картограф Е. А. Федорова ; Российская академия наук ; Институт географии РАН. Тихоокеанский институт географии ДВО РАН. Москва ; Владивосток : ДИК, 2009. 516 с.
29. Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков : в 3 т. Т. 1. Природные геосистемы и их компоненты / отв. ред. С. С. Ганзей. Владивосток : Дальнаука, 2008. 428 с.
30. Дегтерев А. В., Рыбин А. В., Мелекесцев И. В., Разжигаева Н. Г. Эксплозивные извержения вулкана Пик Сарычева в голоцене (о. Матуа, Центральные Курилы) : геохимия тефры // *Тихоокеанская геология*. 2012. Т. 31, № 6. С. 16–26.
31. Полушин Г. В. Экзогенные геодинамические процессы гумидной зоны умеренного климата. Москва : Наука, 1983. 247 с.
32. Казакова Е. Н. Классификация береговых природных и антропогенных лавинных комплексов о. Сахалина // *Снежный покров и лавины : теоретические и практические аспекты*. Владивосток : Дальнаука, 2016. С. 27–38.
33. Казаков Н. А. Массовое формирование селей в низкогорьи о. Сахалин : условия и повторяемость // *Гидросфера. Опасные процессы и явления*. 2019. Т. 1, вып. 1. С. 14–30.
34. Бударина О. И., Перов В. Ф., Сидорова Т. Л. Селевые явления о. Сахалин // *Вестник Московского государственного университета. География*. 1987. № 3. С. 76–81.
35. Рыбальченко С. В. Динамика развития склоновых селевых бассейнов на морских террасах о. Сахалин : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Санкт-Петербург, 2018. 24 с.
36. Готванский В. И., Лебедева Е. В. Влияние природных и антропогенных факторов на напряженность геоморфологических процессов на Дальнем Востоке // *Геоморфология*. 2010. № 2. С. 26–36.
37. Лебедева Е. В., Шварцев С. В., Готванский В. И. Природно-обусловленная напряженность геоморфологических процессов территории Дальнего Востока России // *Геоморфология*. 2014. № 4. С. 48–59.
38. Никольская В. В. О естественных тенденциях развития физико-географических провинций юга Дальнего Востока. Новосибирск : Наука, 1974. 127 с.
39. Скрыльник Г. П. Определение ущерба природной среде вдоль трассы нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2018. № 4. С. 30–36.
40. Качур А. Н., Скрыльник Г. П. Многоплановые нефтегазовые воздействия на окружающую среду юга Дальнего Востока // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2019. № 3. С. 30–33.
41. Скрыльник Г. П. Основные уровни устойчивости в общей организации геосистем Земли // *Успехи современного естествознания*. 2017. № 11. С. 101–106.

Поступила в редакцию 25.01.2021, после рецензирования 01.04.2021, принята к публикации 15.05.2021
Received 25.01.2021, revised 01.04.2021, accepted 15.05.2021



ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 179–185

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 179–185

<http://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-179-185>

Научная статья

УДК 567.1/5(470.56)[621.76]

Ихтиофауна в пограничных отложениях северодвинского и вятского ярусов в позднепермских местонахождениях на западе Оренбургской области (бассейн реки Самары)

А. В. Миних¹, Д. И. Янкевич², С. О. Андрушкевич¹✉, О. Ю. Андрушкевич³

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

² ООО «Ингеоком», Россия, 410031, г. Саратов, ул. Челюскинцев, д. 53/55

³ Казанский федеральный университет, Россия, 420111, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5

Миних Алла Васильевна, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий инженер регионального музея Землеведения, a.v.minih@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1144-5278>

Янкевич Дмитрий Иванович, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора по геологии, dyankevich@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1633-1651>

Андрушкевич Станислав Олегович, заведующий лабораторией геммологии, geostone@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9791-5765>

Андрушкевич Олег Юрьевич, заведующий лабораторией пробоподготовки, gemmaol@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0099-5397>

Аннотация. Проведено детальное изучение разреза северодвинского и вятского ярусов верхней перми с послыйным отбором ихтиофауны на западе Оренбургской области в бассейне нижнего течения реки Самары. Основываясь на комплексах рыб, впервые в регионе получено палеонтологическое обоснование стратиграфической границы северодвинского и вятского ярусов.

Ключевые слова: ихтиофауна, верхняя пермь, северодвинский ярус, вятский ярус, Оренбургская область, местонахождение, биостратиграфическая граница ярусов

Для цитирования: Миних А. В., Янкевич Д. И., Андрушкевич С. О., Андрушкевич О. Ю. Ихтиофауна в пограничных отложениях северодвинского и вятского ярусов в позднепермских местонахождениях на западе Оренбургской области (бассейн реки Самары) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 179–185. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-179-185>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Ichthyofauna of the border sediments of the Severodvinsky and Vyatsky stages in the Late Permian localities in the west of the Orenburg region (Samara river basin)

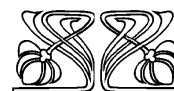
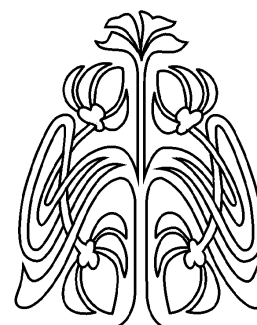
A. V. Minikh¹, D. I. Yankevich², S. O. Andrushkevich¹✉, O. Yu. Andrushkevich³

¹ Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

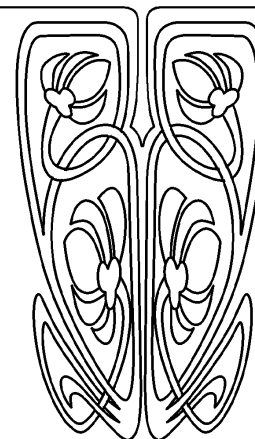
² OOO Ingeokom, 53/55 Cheluskintsev St., Saratov 410031, Russia

³ Kazan Federal University, Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, 4/5 Kremlyovskaya St., Kazan, Republic of Tatarstan 420111, Russia

© Миних А. В., Янкевич Д. И., Андрушкевич С. О., Андрушкевич О. Ю., 2021



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Alla V. Minikh, a.v.minikh@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1144-5278>

Dmitry I. Yankevich, dyankevich@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1633-1651>

Stanislav O. Andrushkevich, geostone@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9791-5765>

Oleg Yu. Andrushkevich, gemmaol@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0099-5397>

Abstract. A detailed study of the section of the severodvinsky and vyatsky stages of the Upper Permian with layer-by-layer sampling of ichthyofauna in the western part of the Orenburg region (basin of the lower reaches of the Samara River) was carried out. Based on the fish complexes, a paleontological justification of the stratigraphic boundary between the severodvinsky and vyatsky stages was obtained in the region for the first time.

Keywords: Ichthyofauna, Upper Permian, Severodvinsky Stage, Vyatsky Stage, Orenburg region, locality, biostratigraphic boundary of the stages

For citation: Minikh A. V., Yankevich D. I., Andrushkevich S. O., Andrushkevich O. Yu. Ichthyofauna of the border sediments of the Severodvinsky and Vyatsky stages in the Late Permian localities in the west of the Orenburg region (Samara river basin). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 179–185 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-179-185>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Введение

Местонахождений с позднепермской ихтиофауной на западе Оренбургской области известно немного. Западнее р. Малый Уран, впадающей справа в р. Самару, их чуть больше десяти. Это местонахождения Пронькино, Покровка, Яшкино-2, Плешаново, Безводовка, Преображенка, Коптяжево-1, Коптяжево-2, Новгородецкое, Бабинцево [1], Бабинцево Ю-В [2] и еще не упоминавшееся в литературных источниках местонахождение Холодная Речка (рис. 1).

В большинстве из перечисленных местонахождений была обнаружена только северодвинская ихтиофауна, в трех – Преображенка, Пронькино и Холодная Речка – вятская, а в двух – Новгородецкое и Бабинцево – кости рыб в коллекции оказались смешанными, поскольку в прежние годы отбирались без привязки к слоям. В Бабинцево Ю-В нам относительно недавно удалось послойно отобрать костные остатки рыб и выявить границу северодвинского и вятского ярусов верхней перми по смене комплексов северодвинской и вятской ихтиофауны.

Местонахождения в окрестностях с. Бабинцево

В настоящей статье наше внимание будет сосредоточено только на двух местонахождениях позднепермской ихтиофауны из расположенных на крайнем западе Оренбургской области – Бабинцево [1, 3–6] и Бабинцево Ю-В [2]. По устному сообщению старшего научного сотрудника ПИН РАН В. В. Буланова в этих местах им было обнаружено еще одно местонахождение позвоночных позднепермского возраста, но привязка к местности нам не известна и отсутствует материал по ихтиофауне.

Местонахождение Бабинцево открыто сотрудниками Саракташской геологической партии НИИ геологии Саратовского государственного университета Г. И. и В. П. Твердохлебовыми в 1976 году, которые проводили в Оренбуржье крупномасштабную геологиче-

скую съемку. Местонахождение расположено в правом борту оврага, в 3,8 км северо-восточнее с. Бабинцево. Овраг впадает справа в р. Кондузла, являющуюся правым притоком р. Боровка в бассейне р. Самары. Разрез представлен толщей красно- и светло-коричневых, голубых и серых глин, алевролитов и песчаников общей мощностью около 8 м, в которую врезаны две относительно мощные (до 3 м) линзы мелкозернистых полимиктовых песчаников дельтового типа [1]. В недавней беседе с первооткрывателями Бабинцево удалось выяснить, что первые и достаточно крупные кости пермских наземных позвоночных были ими извлечены в том же году из этих линз. Кроме тетрапод, в обнажении был обнаружен мацерированный фрагмент скелета рыбы с частично разрушенной головой и плавниками, а также разрозненные кости других лучеперых рыб.

В последующие годы это местонахождение периодически посещалось и раскапывалось сотрудниками этой же геологической партии, в результате чего материал по ископаемым позвоночным пополнялся. Было установлено, что кости позвоночных животных встречаются на разных уровнях обнаженной части разреза. Г. И. Твердохлебовой и сотрудниками ПИН РАН [1, 4] был изучен и определен комплекс тетрапод северодвинского возраста верхней перми. Он представлен двинозавридами – *Dvinosaurus primus* Amalitzky, лепторофидами – *Raphanodon cf. ultimus* (Tchudinov et Vjuschkov) и *Raphanodon tverdochlebovae* Ivachnenko, парейазавридами – *Proelginia cf. permiana* Hartmann-Weinberg, хронизухидами – *Chroniosaurus dongusensis* Tverdochlebova, галеопидами – *Suminia cf. getmanovi* Ivachnenko. При этом фрагменты костей *Proelginia cf. permiana* были обнаружены в нижней половине разреза, а костные остатки остальных видов тетрапод – в верхней.

Привязки образцов рыб к слоям в то время не было проведено. Известно только, что ихтиофауна была собрана Г. И. Твердохлебовой в верхней половине обнаженной части разреза в 1976 году. Тогда же порода, содержащая кости рыб, была доставлена в лабораторию ископае-

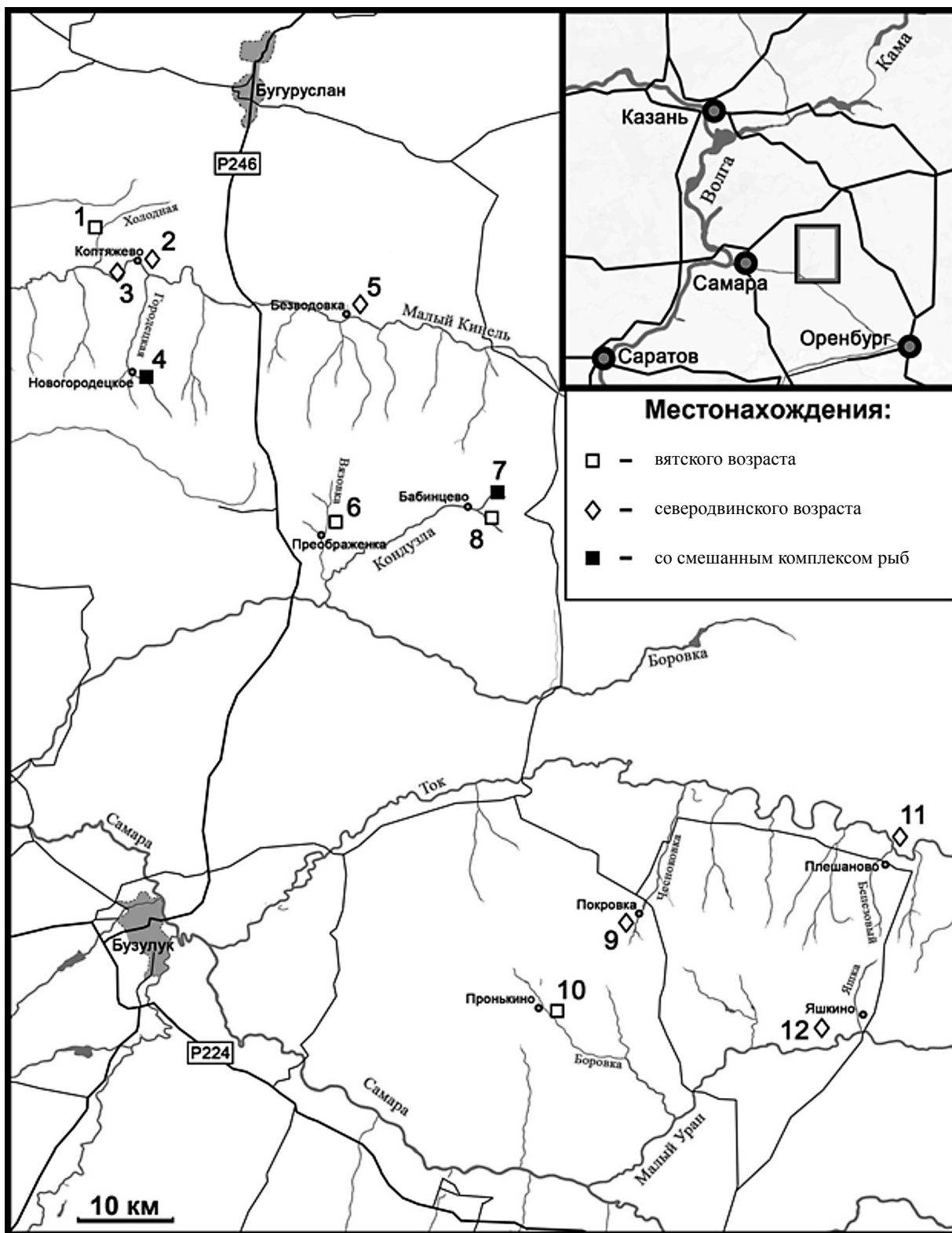


Рис. 1. Схема расположения местонахождений позднепермских рыб на западе Оренбургской области: 1 – Холодная Речка, 2 – Коптяжево-1, 3 – Коптяжево-2, 4 – Новгородецкое, 5 – Безводовка, 6 – Преображенка, 7 – Бабинцево, 8 – Бабинцево Ю-В, 9 – Покровка, 10 – Пронькино, 11 – Плешаново, 12 – Яшкино-2



мых позвоночных НИИ геологии СГУ, где долгое время пролежала в запасниках. Спустя годы эти образцы были изучены А. В. и М. Г. Миних. Выяснилось, что большинство костей принадлежали преимущественно неизвестным формам рыб. Впервые М. Г. Минихом по неполному скелету был описан новый вид и род лучепёрой рыбы *Toyemia tverdochlebovi* Minich из семейства Gonatodidae. Новый вид герониохтиса *Geryonichthys burchardi* A. Minich из семейства Discordichthyidae был выделен А. В. Миних по спинному плавниковому шипу; к этому же виду были отнесены кости висцерального аппарата, кожные щитки, покровные кости черепа и дистальный элемент грудного плавника. Кроме того, были определены чешуи средней степени сохранности *Isadia (?) aristoviensis* A. Minich из семейства Eurynotoidiidae. Комплекс рыб соответствует ихтиофаунистической зоне *Toyemia tverdochlebovi* – *Isadia suchonensis* [2]. Как уже упоминалось, образцы с ихтиофауной поступили в лабораторию без привязки к слоям. Не исключено, что чешуйные ихтиолиты *Isadia (?) aristoviensis* были отобраны в самых верхах разреза, где, возможно, присутствуют породы вятского яруса. Вместе с ихтиофауной к нам попали образцы с мелкими остатками тетрапод, среди которых были отпрепарированы фрагмент челюсти и неполный череп маленького размера с крупной глазницей.

Особый интерес для нас представляет местонахождение Бабинцево Ю-В, открытое М. Г. Миних и Д. И. Янкевичем в 1989 году и детально описанное последним. Расположено оно в 2 км юго-восточнее с. Бабинцево Оренбургской области, в правом береговом обрыве р. Кондузла. В 2005 году авторами статьи совместно с М. Г. Миних были проведены тщательные послонные раскопки и собран представительный материал по ископаемым рыбам. Препарирование и исследование ихтиофауны из этого местонахождения проводились А. В. Миних. Как выяснилось, Бабинцево Ю-В – это одно из самых хорошо насыщенных позднепермской ихтиофауной местонахождений, расположенных на западе Оренбургской области. В непрерывном разрезе по комплексам рыб здесь был установлен переходный интервал от северодвинского к вятскому ярусу терминальной перми, в самой верхней части обнажения выявлено присутствие вятского яруса.

Послойное описание разреза с указанием палеонтологических находок приводится снизу вверх от уреза воды. При этом нумерация слоев сохранена, как и в полевом дневнике.

1. Глина красно-коричневая, алевролитистая, волнистослоистая, плотная, плитчатая, с присыпками алевролитистого материала по плоскостям напластования, с катунами глин и с неравномерными по мощности (до 5 см) прослоями светло-серых глинистых алевролитов. Видимая мощность 0,8 м.

2. Глина алевролитистая красновато-коричневая, комковатая, со скорлуповатой отдельностью и с многочисленными стяжениями и желваками карбонатных пород. Мощность 0,5 м.

3. Песок зеленовато-серый, полимиктовый, среднезернистый, неясно волнистослоистый; постепенно вверх сменяется песчаником красно-коричневым, полимиктовым, разноезернистым, с четкой косоволнистой слоистостью и со следами ряби на поверхностях напластования. Мощность 1,7 м.

4. Пачка тонкого переслаивания красно-коричневых глин и алевролитов с прослоями коричневого песчаника. В основании – в тонком прослое красно-коричневого глинистого алевролита – встречаются раковины остракод. Мощность 0,25 м.

5. Песчаник ржаво-коричневый, полимиктовый, среднезернистый, слабосцементированный; кверху сменяется алевролитом. Мощность 0,2 м.

6. Глина красно-коричневая, волнистослоистая, тонкоплитчатая, с прослоем алевролита того же цвета в средней части слоя. На плоскостях напластования алевролита присутствуют многочисленные чешуйки слюды. В слое наблюдаются раковинки остракод. Мощность 0,3 м.

7. Песчаник рыжеватого-коричневого и светло-серый, слабоглинистый, полимиктовый, среднезернистый с тонкими прослойками красно-коричневых глин. В кровле наблюдается прослой голубовато-серого песчаника. В слое присутствуют редкие разрозненные остатки костей рыб: копролит с чешуями *Toyemia tverdochlebovi*, разрозненные зубы и чешуи *Isadia sp.* и ближе не определимые эуринотоидииды, чешуи (?) *Strelnia sp.* и *Toyemia sp.* Есть ещё чешуи рыб, сближаемые с чешуями морфологического типа 160-б из местонахождения Микулино-2 (колл. СГУ, № 104-Б/1323), которое расположено на правом берегу р. Сухоны в Вологодской области и имеет северодвинский возраст [7]. В слое присутствуют раковины остракод и отпечатки створок филлопод. Мощность 0,25 м.

8. Глина красно-коричневая, плотная, неслоистая, с прослоями (мощностью до 5 см) коричневатых-серых глинистых алевролитов, в которых содержатся массовое количество раковин и створок остракод и редкие ихтиолиты. Среди ихтиолитов определены чешуи *Isadia sp.*, покровные кости головы и чешуя *Geryonichthys sp.*, несколько чешуй (?) *Sludalepis sp.* и зуб неизвестной лучеперой рыбы. Обнаружен небольшой зуб тетраподы. Мощность 0,2 м.

9. Глина красно-коричневая, массивная. Мощность 0,5 м.

10. Песчаник голубовато-серый, полимиктовый, среднезернистый с включениями глин красно-коричневого цвета. В слое присутствуют остракоды и кости позвоночных животных: коньковая чешуя *Isadia sp.*, зуб Eurynotoidiidae gen. ind. и обломок позвонка тетраподы. Мощность 0,15 м.



11. Глина красно-коричневая, в основании алевритистая, волнистослоистая с обилием раковин остракод и чешуями рыб плохой степени сохранности. В верхней части слоя присутствуют карбонатные стяжения, единичные раковины остракод и отпечатки листовой флоры. Мощность 0,5 м.

12. Песчаник светло-серый, полимиктовый, мелкозернистый, плотный, неясно горизонтальнослоистый, вверху сменяется светло-коричневыми алевролитами, плотными, сильнослоистыми по плоскостям напластования. Слой четко выделяется в разрезе. Мощность 0,25 м.

13. Глина красновато-коричневая, плотная, с карбонатными стяжениями и журавчиками, с двумя прослоями (5–10 см) голубовато-серых песчаников, полимиктовых, мелкозернистых, слабосцементированных; песчаники содержат тончайшие линзочки и пятна глин красно-коричневого цвета. Мощность 0,7 м.

14. Песчаник светло-коричневый, полимиктовый, мелко- и среднезернистый, с тонкими прослоями светло-коричневых глинистых алевролитов. В кровле залегает тонкий (1–2 см) прослой известняка светло-серого цвета. Мощность 0,2 м.

15. Глина красно-коричневая, плотная, с мелкими карбонатными стяжениями. В глинах наблюдается неравномерное по простираению линзообразное скопление икhtiолитов черного цвета. Это самый насыщенный костями рыб слой в местонахождении. Здесь доминируют рыбы из семейства Eurynotoidiidae: это преимущественно исадии, у которых зубы имеют много вершинок; отсюда среди костного материала рыб ранее были определены покровные кости крыши черепа и чешуи *Isadia sp.* Из других семейств определены *Toyemia sp.* и *Geryonichthys sp.*, покровные кости головы, зубы и чешуи *Geryonichthys burchardi*.

Из этого же слоя в 2005 году был собран богатый по количеству и качеству дополнительный материал: крупный фрагмент нижней челюсти с несколькими челюстными зубами, содержащими по 4 острых длинных зубчика на вершинках из семейства Eurynotoidiidae g. ind., а также покровные кости черепа и чешуи, принадлежащие тому же семейству рыб. Из них определены: чешуи *Isadia (?) suchonensis* A. Minich, *Isadia (?) opokiensis*, *Isadia sp.* и верхняя челюсть с зубами *Isadia sp.* В этом же слое были найдены единичные чешуи *Sludalepis (?) spinosa* и *Toyemia sp.* Кроме того, здесь обнаружено много не определенных до вида покровных костей со скульптурой из редко расставленных высоких игольчато заостренных либо из скобообразно заостренных кверху бугорков – по всей видимости, все эти образцы принадлежат рыбам из семейства Discordichthyidae. В массовом количестве присутствуют чешуи, обломки челюстей, а также членики лепидотрихий, латерально осложненных зубчиками, пока неизвестных лучеперых рыб. Кроме того, слой содержит многочислен-

ные створки и раковины остракод; встречаются единичные небольшие отпечатки листовой флоры. Мощность слоя 0,25 м.

16. Алевролит светло-коричневый, пятнами светло-серый, вверху голубовато-серый (15 см), волнистослоистый, с присыпками слюды и песка на поверхностях напластования. На разных уровнях слоя встречаются единичные раковины двустворчатых моллюсков, отпечатки раковин филлопод, а в голубовато-серых разностях обнаружены небольшое количество костей рыб и зуб тетраподы. Из рыб определены: *Toyemia tverdochlebovi*, *T. sp.*, *Varialepis sp.*, (?) *Sludalepis sp.*, и дискордихтииды – типичные для северодвинских отложений (рис. 2). Мощность 0,4 м.

17. Глина красно-коричневая со светло-коричневыми пятнами. В средней части слоя имеется прослой (3 см) светло-серых алевролитов, содержащих многочисленные раковины остракод, кости и чешуи рыб. Из рыб определены: покровная кость черепа *Geryonichthys (?) burchardi*, фрагмент брюшного плавникового шипа *Geryonichthys sp.*, фрагменты зубов *Isadia ex gr. aristoviensis*, *Isadia sp.*, чешуи *Toyemia (?) tverdochlebovi*. Обнаружены чешуи, зубы, фрагмент челюсти с зубами неизвестных лучеперых рыб, а также зуб тетраподы и створка филлоподы хорошей сохранности. В кровле слоя залегает светло-серые и светло-коричневые мелкозернистые песчаники (0,1–0,4 м) с прослоями белых плотных известняков, хорошо выделяющихся в обнажении в виде карниза. Мощность 1,0 м.

18. Песчаник светло-коричневый, полимиктовый, мелко- и среднезернистый, слабосцементированный, косо- и волнистослоистый. Слой прослеживается и наращивается в правом борту овражка, впадающего справа в р. Кондузла.

В своей верхней половине светло-коричневый песчаник содержит тонкие прослои темно-коричневых алевролитов и красновато-коричневых глин. В кровле песчаник рыхлый, с прослоем песка голубовато-серого цвета. В алевролитах присутствуют редкие кости рыб, из которых определены *Toyemia sp.* Мощность 1,9 м.

19. Алевролит красно-коричневый, глинистый, плотный, оскольчатый, с мелкими карбонатными стяжениями, с прослоем (в 0,9 м выше подошвы) светло-коричневого полимиктового мелкозернистого песчаника (0,15 м). В алевролитах встречаются раковины остракод. Мощность 2,2 м.

20. Песчаник голубовато-серый, полимиктовый, мелкозернистый, в верхней части с неясной косою слоистостью. Мощность 0,2 м.

21. Глина красно-коричневая, чистая, жирная, в основании и в кровле с присыпками песка. Мощность 0,45 м.

22. Песчаник коричневатого-серый, в кровле голубовато-серый, полимиктовый, сильнослоистый, мелко- и среднезернистый, неясно волнистослоистый. В кровле присутствуют неопре-



делимые обломки костей рыб и ходы илоедов. Мощность 0,4 м.

23. Глина красно-коричневая алевритистая, плотная, оскольчатая. В нижней половине слоя имеется прослой светло-коричневой глины, содержащей чешуи лучеперых рыб *Toyemia tverdochlebovi* и *Isadia (?) suchonensis*. Мощность 0,7 м.

24. Песчаник светло-коричневый, в подошве и кровле голубовато-серый, полимиктовый, мелкозернистый, крепкий. Содержит прослой красно-коричневых глин. Мощность 0,55 м.

25. Пачка тонкого переслаивания светло-серых и светло-коричневых глинистых алевролитов, вмещающих небольшие линзочки глин красновато-коричневого цвета. Породы горизонтально- и волнистослоистые, слюдистые, с присыпками песка по плоскостям напластования. Встречаются раковины остракод и известковистые уплотненные образования, так называемые «ушки». Мощность 1,3 м.

26. Песчаник светло-коричневый, в кровле голубовато-серый, полимиктовый, разнотельный, плитчатый, в основании содержит тонкие прослой алевролитов и известняков толщиной 10 мм. Мощность 0,5 м.

27. Толща красно-коричневых глин с четырьмя прослоями (от 0,1 до 0,6 м) алевролитов табачного цвета и небольшими (1–3 см) линзочками песчаников. В нижней половине слоя – в 2 м и в 3,5 м выше подошвы – найдены кости лучеперых рыб. Это чешуя с обломанным задним краем *Isadia sp.* (сближается с *I. aristoviensis*) и фрагмент небольшой кости (?) *Mutovinia sp.* В верхнем прослое алевролитов, содержащих прослойки гравелитистых песчаников, среди костей были обнаружены чешуи лучеперых рыб *Toyemia blumentalis* A. Minich. Видимая мощность 5,7 м.

Заключение

Анализ ихтиофауны, характеризующей разрез верхней перми в местонахождении Бабинцево Ю-В, позволил нам прийти к следующему выводу. Слои с 1-го по 26-й могут быть отнесены к верхней части северодвинского яруса верхней перми. Присутствующие в слоях лучеперые рыбы *Toyemia tverdochlebovi* Minich, *Toyemia sp.*, *Isadia (?) suchonensis* A. Minich, *Isadia (?) opokiensis* A. Minich et Andrushkevich, *Isadia sp.*, *Geryonichthys burchardi* A. Minich, *Geryonichthys sp.*, *Sludalepis (?) spinosa* A. Minich, (?) *Strelnia sp.*, *Varialepis sp.* являются основными составляющими зонального био-стратиграфического комплекса и соответствуют ихтиофаунистической зоне *Toyemia tverdochlebovi* – *Isadia suchonensis* (рис. 2).

Вышележащая толща красно-коричневых глин мощностью 5,7 м слоя 27 по присутствию в ней рыб *Toyemia blumentalis* A. Minich, (?) *Mutovinia sp.* и *Isadia sp.*, сближаемой с *I. aristoviensis* A. Minich, должна быть отнесена к вятскому ярусу верхней перми (см. рис. 2). Комплекс рыб, без сомнения, является основным составляющим звеном в ихтиофаунистической зоне *Toyemia blumentalis* – *Isadia aristoviensis*, характеризующей отложения вятского возраста [2, 8].

Таким образом, в верхах непрерывного разреза верхней перми, задокументированного в местонахождении Бабинцево Ю-В, впервые удалось установить по ихтиофауне вятский ярус и выявить биостратиграфическую границу северодвинского и вятского ярусов для запада Оренбургской области.

Библиографический список

1. Tverdokhlebov V. P., Tverdokhlebova G. I., Minikh A. V., Surkov M. V., Benton M. I. Upper Permian vertebrates and their sedimentological context in the South Urals, Russia // Earth Science Reviews. 2005. Vol. 69. P. 27–77.
2. Миних А. В., Миних М. Г., Андрушкевич С. О. Ихтиофауна в опорных разрезах средней и верхней перми Восточной Европы. Комплексы и зональная шкала. Ст. 2. Бассейн Волги и Урала // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 56–63. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-56-63>
3. Ивахненко М. Ф., Тverдохлебова Г. И. Систематика, морфология и стратиграфическое значение верхнепермских хронизухов востока европейской части СССР. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1980. 69 с.
4. Пермские и триасовые тетраподы Восточной Европы / М. Ф. Ивахненко, В. К. Голубев, Ю. М. Губин [и др.]. Москва : ГЕОС, 1997. 216 с. (Тр. ПИН, Т. 268).
5. Миних М. Г., Миних А. В. Корреляция казанских и татарских отложений в бассейнах Северной Двины, Средней Волги и Урала по ихтиофауне // Ученые записки / Геологический факультет Саратовского государственного университета. Новая серия. 1997. Вып. 1. С. 60–66.
6. Голубев В. К. Пермские и триасовые хронизухии и биостратиграфия верхнетатарских отложений Восточной Европы по тетраподам. Москва : Наука, 2000. 174 с. (Тр. ПИН, Т. 276).
7. Татарские отложения реки Сухоны / под общ. ред. Э. А. Молоствовского и А. В. Миних. Саратов : Научная книга, 2001. 204 с.
8. Миних А. В., Миних М. Г. Ихтиофауна в опорных разрезах средней и верхней перми Восточной Европы. Комплексы и зональная шкала. Ст. 1. Бассейн Северной Двины // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 3. С. 184–193. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-3-184-193>

Поступила в редакцию 04.03.2021, после рецензирования 05.04.2021, принята к публикации 15.05.2021
Received 04.03.2021, revised 05.04.2021, accepted 15.05.2021

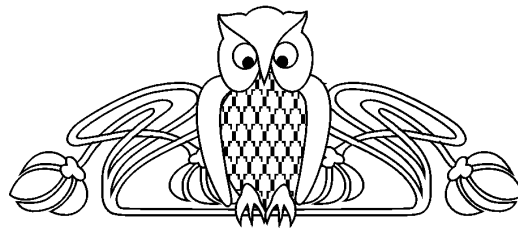


Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 186–191
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 186–191
<http://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-186-191>

Научная статья
УДК 550.312; 551.242

О некоторых закономерностях изменения плотности в литосфере Северной Евразии



В. А. Огаджанов

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Огаджанов Виктор Александрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, ozhva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2645-4110>

Аннотация. На базе предложенной в статье методики расчета нормального уплотнения горных пород с глубиной, анализа петрофизических характеристик и интерпретации гравитационных аномалий исследованы основные закономерности изменения плотности в литосфере Северной Евразии. Показано, что для плотностного разреза литосферы характерно чередование парагенетически связанных разуплотненно-уплотненных (относительно нормального уплотнения) комплексов горных пород на всех уровнях: от приповерхностных слоев осадочных толщ до мантии. Зоны разуплотненно-уплотненных комплексов горных пород имеют глобальную выраженность.

Ключевые слова: гравитационные аномалии, литосфера, нормальное уплотнение, плотностной разрез

Для цитирования: Огаджанов В. А. О некоторых закономерностях изменения плотности в литосфере Северной Евразии // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 186–191. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-186-191>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-186-191>

Some regularities of change in density in the lithosphere of Northern Eurasia

V. A. Ogadzhanov

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Viktor A. Ogadzhanov, ozhva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2645-4110>

Abstract. A method is proposed for calculating the normal compaction curve of rocks for the deep parts of the lithosphere. It is based on the analysis of petrophysical characteristics and interpretation of gravitational anomalies. The main regularities of density changes in the lithosphere of Northern Eurasia are investigated. It has been shown that the density section of the region's lithosphere is characterized by alternation of paragenetically connected decompacted-compacted (relative to normal compaction) rock complexes at all levels of the lithosphere from the surface layers of bottom sediments to the mantle. These zones of decompacted-compacted rocks complexes have a global distribution.

Keywords: gravitational anomalies, lithosphere, normal compaction, density cuts

For citation: Ogadzhanov V. A. Some regularities of change in density in the lithosphere of Northern Eurasia. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 186–191 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-186-191>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Введение

Многие процессы, происходящие в литосфере, в частности формирование месторождений полезных ископаемых, очагов землетрясений, инженерно-геологических условий и т. д., связаны с изменением плотности горных пород. Ограниченность прямых определений плотности

горных пород на больших глубинах не позволяет по петрофизическим данным исследовать характер ее изменения с глубиной. Наиболее полное представление об общих закономерностях этого процесса можно получить на основе детального изучения верхней части земной коры [1].

В бассейнах интенсивного накопления терригенных толщ, таких как Южно-Каспийская



впадина, где пробурено большое количество глубоких скважин, при анализе данных о плотностных характеристиках верхней части разреза была установлена закономерность, которая носит региональный характер, а именно выявлена парагенетическая связь зон аномального (по отношению к нормальной тенденции) разуплотнения и уплотнения пород при идентичном литофациальном составе; эти закономерности выявляются на глубинах в несколько тысяч метров [1,2].

Разуплотненно-уплотненный разрез в кристаллической коре обнаружен в толще метаморфических пород, вскрытых Кольской сверхглубокой скважиной [3–5].

Тем самым из материалов глубокого и сверхглубокого бурения следует наличие зон разуплотненно-уплотненных пород в осадочной толще и кристаллической земной коре.

Судить о характере распределения плотности в мантии можно на основании аналитических расчетов уплотнения пород с глубиной, построения плотностных моделей литосферы по результатам интерпретации гравитационных аномалий и совместного анализа этих данных.

Методика исследования

Методика расчета кривой нормального уплотнения для осадочных и метаморфизованных пород ранее уже была изложена. В предположении об ультраосновном составе верхней мантии были проведены расчеты уплотнения ультраосновных пород с глубиной, при этом в качестве начальных условий приняты величины плотности, коэффициентов объемного теплового расширения и сжимаемости в нормальных условиях, а также давления и температуры на заданных глубинах. Нормальное значение плотности, к которому может привести влияние закономерно нарастающих с глубиной геостатического давления и температуры, должно удовлетворять теоретической кривой уплотнения.

В общем случае для изменения плотности под воздействием давления и температуры из дифференциальных уравнений термодинамики [6] выводится экспоненциальная зависимость:

$$\sigma = \sigma_0 e^{\beta P} e^{-\alpha T}, \quad (1)$$

где σ – вычисленные значения плотности, σ_0 – начальное значение плотности (в условиях нормальных давлений и температур), P – геостатическое давление, T – температура, α – коэффициент объемного теплового расширения, β – коэффициент сжимаемости.

В уравнении (1) коэффициенты α и β принимаются как постоянные. Анализ изменения коэффициентов α и β проведен посредством использования экспериментальных данных, приведенных в работах [7, 8]. Результаты определения коэффициента α ряда породобразующих минералов показывают, что для подавляющего их большинства

его значения близки между собой и незначительно возрастают с повышением температуры [7]. В общем случае распределение величин α при изменении температуры для большинства минералов можно аппроксимировать кривой (рис. 1), из которой видно, что при температурах более 400°C этот коэффициент изменяется незначительно и может быть принят как постоянный.

Анализ данных об изменении коэффициента β показывает, что его величина для разных групп горных пород в интервале значений давлений от 200 до 1500 МПа остается практически неизменной.

В качестве начальных значений плотности при расчете уплотнения ультраосновных пород были приняты их минимальные величины, согласно фактическим данным [9].

Расчет изменения плотности с глубиной как функции геостатического давления осуществлялся по следующей методике. Принималось начальное значение давления, обусловленное весом вышележащей толщи, рассчитывались плотность в слое достаточной малой толщины (например, 10 м) по формуле (1) и давление малого слоя, приращение давления последнего суммировалось с давлением вышележащей толщи, а приращение толщины малого слоя – с глубиной вышележащей толщи. С учетом суммированного давления и приращения глубины рассчитывалась плотность в следующем залегающем ниже слое малой толщины и т. д. Изменения температуры с глубиной задавались тремя значениями вертикального геотермического градиента – 10, 18 и 22°C/км. Эти значения были выбраны в соответствии с фактическими данными измерения температур в разрезе Кольской сверхглубокой скважины. Температурная поправка вводилась в значение плотности на заданной глубине, рассчитанной как функция геостатического давления. Поскольку увеличение температуры ведет к понижению плотности, поправка температуры в формуле (1) вводится со знаком минус. Результаты расчетов уплотнения ультраосновных пород приведены на рис. 2.

Здесь следует обратить внимание на то, что вертикальный геотермический градиент 22°C/км типичен для нижней толщи метаморфических пород пониженной плотности – 2,65–2,70·10³ кг/м³ вскрытой Кольской сверхглубокой скважины, в то время как для уплотненных метаморфических толщ амфиболитовой фации с плотностью около 3,00·10³ кг/м³ типично значение вертикального геотермического градиента, равное 10°C/км. Учитывая, что плотность нормально уплотненной мантии также составляет около 3,00·10³ кг/м³, вертикальный геотермический градиент в ней тоже может быть принят 10°C/км. Аномальные изменения плотности должны сопровождаться аномальными изменениями вертикального геотермического градиента.

Априори предполагается, что мантия до глубин примерно 35–40 км перекрыта толщей

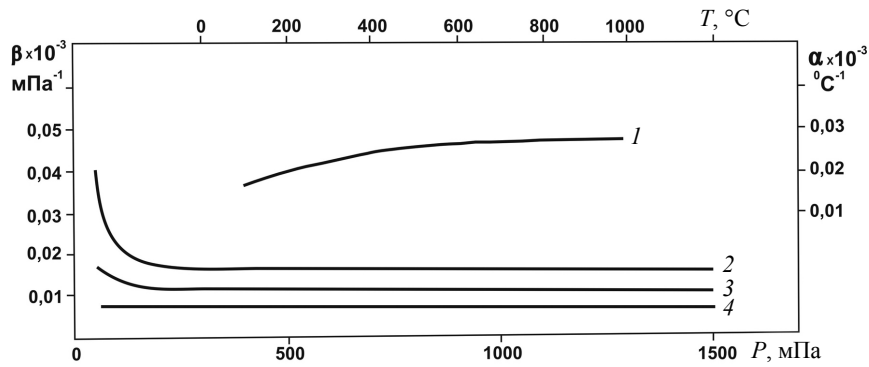


Рис. 1. Изменение коэффициентов объемного теплового расширения в зависимости от температуры и сжимаемости в зависимости от давления для разных минералов и групп горных пород: 1 – кривая коэффициента объемного теплового расширения разных минералов; кривые коэффициента сжимаемости горных пород: 2 – кислых, 3 – основных, 4 – ультраосновных

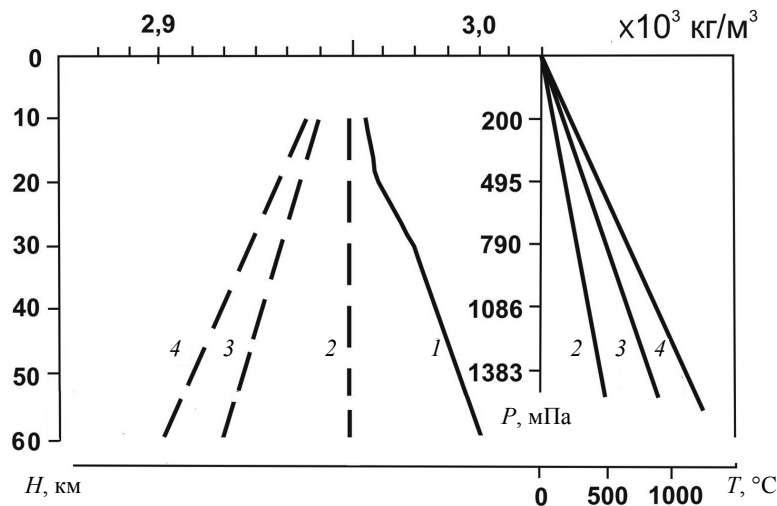


Рис. 2. Тенденции изменения плотности ультраосновных пород с глубиной в зависимости от давления и температуры: 1 – зависимость от давления; 2, 3, 4 – зависимость от давления и температуры при значениях геотермического градиента 10, 18 и 22°С/км (нумерация линий уплотнения соответствует линиям изменения температуры с глубиной)

земной коры. В качестве начального значения плотности для разреза ультраосновных пород были приняты их минимальные величины, согласно фактическим данным, приведенным в табл. П.7 источника [9], а именно: оливин-дунит – $2,80 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, перидотит – $3,00 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, пироксенит – $3,07 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; в среднем для ультраосновных пород – $2,96 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Таким образом, результатом расчета нормального уплотнения для верхней мантии является теоретическая кривая уплотнения ультраосновных пород, которая начинается и определяется им от заданного начального значения плотности $2,96 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ глубины 40 км как функция нарастающих геостатического давления и температуры с предпочтительным значением геотермического градиента 10°C/км . Теоретическая кривая уплотнения, ранее рассчитанная по данной методике для земной коры Европейской плиты, дала возможность путем сравнения фактических и теоретических разрезов

выделить в осадочной толще и кристаллическом фундаменте интервалы с аномальным изменением плотности [5].

Плотностные модели литосферы до глубины 90 км получены по результатам интерпретации гравитационных аномалий по трансрегиональным профилям: Симферополь – Воркута – Тикси, Нахичевань – Волгоград – Бузулук – Екатеринбург – Тюмень и Уренгой – о. Шокальского [10]. Указанные плотностные модели ранее были опубликованы в работах [2, 5].

Суммарная протяженность профилей, по которым построены плотностные модели, составляет 9000 км. Профили пересекают альпийские геоструктуры: складчатости Кавказа и Крыма; герцинские геоструктуры: Скифскую плиту, Западно-Сибирскую плиту, Урал; докембрийские геоструктуры: Восточно-Европейскую и Сибирскую платформы. Глобальный масштаб подобных исследований дает основание для выводов



о наличии некоторых общих закономерностей распределения плотности в литосфере Северной Евразии.

Результаты исследования и их обсуждение

На всех построенных по гравиметрическим данным плотностных моделях в мантии выделяются три слоя, различающихся по значениям плотности: верхний – с плотностью $3,00\text{--}3,18 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ в интервале глубин от 40 до 50–60 км; средний слой с пониженной плотностью – $2,80\text{--}2,85 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ в интервале глубин от 50 до 70–80 км; нижний слой с плотностью $3,10 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, находящийся под нижней границей слоя пониженной плотности (рис. 3).

Мантия в пределах складчатых областей Кавказа и Крыма однородна по плотности, которая, согласно расчетам по аномалиям гравитационного поля, составляет $3,10 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, что больше теоретической плотности, определяемой тенденцией нормального уплотнения на $0,14 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. В пределах Скифской плиты, южной и центральных частей Восточно-Европейской платформы плотность верхнего слоя мантии больше теоретической на $0,14\text{--}0,22 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, плотность среднего слоя меньше теоретической на $0,11 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. В северной части Восточно-Европейской платформы, складчатого сооружения Полярного Урала, на севере Западно-Сибирской плиты и в северо-западной части Сибирской платформы плотность верхнего слоя мантии практически совпадает с теоретическими значениями, плотность среднего слоя на $0,16 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ меньше теоретической. Плотность верхней мантии Южного Урала и юго-западной части Западно-Сибирской плиты на $0,14 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ больше, а плотность среднего слоя на $0,11 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ меньше теоретической. Нижний слой мантии в интервале от нижней границы среднего слоя пониженной плотности до глубин 80–90 км для всех геоструктурных элементов по

плотности однороден и превышает теоретическую на $0,14 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Из сопоставления плотностных разрезов, рассчитанных по гравиметрическим данным, с теоретическими значениями плотности, определяемыми тенденцией нормального уплотнения, очевидно повсеместное для территории Северной Евразии распространение в верхней мантии слоев пониженной плотности. В ряде случаев они чередуются со слоями аномально высоких значений плотности. Закономерность чередования слоев с аномально высокими и аномально низкими значениями плотности геологического разреза была ранее выявлена для земной коры Европейской плиты, что следует из сводного плотностного разреза, представленного в работе [5]; дополнив плотностной разрез земной коры плотностным разрезом мантии (рис. 4), можно получить представление о наиболее общих закономерностях изменения плотности в литосфере. К таким закономерностям можно отнести чередование аномально разуплотненных и уплотненных комплексов пород.

При условии неизменного вещественного состава горных пород их разуплотнение может являться следствием изменяющихся давлений и температур [2, 3]. Разуплотнение ультраосновных пород с глубиной возможно уже при геотермическом градиенте 18°C/км (см. рис. 2).

Перераспределение давлений и температур зачастую связано с особенностями флюидного режима недр [11–13]. Ранее нами [1, 2, 5] было высказано мнение о парагенетической связи разуплотненных и уплотненных комплексов горных пород, которое объяснялось тем, что под воздействием аномально высоких давлений флюидов горные породы в зоне разуплотнения увеличиваются в объеме (дилатируют) и оказывают давление на окружающие его образования, уплотняя их. Изменение плотности может происходить как без изменения, так и с изменением (например серпентинизацией) вещественного состава.

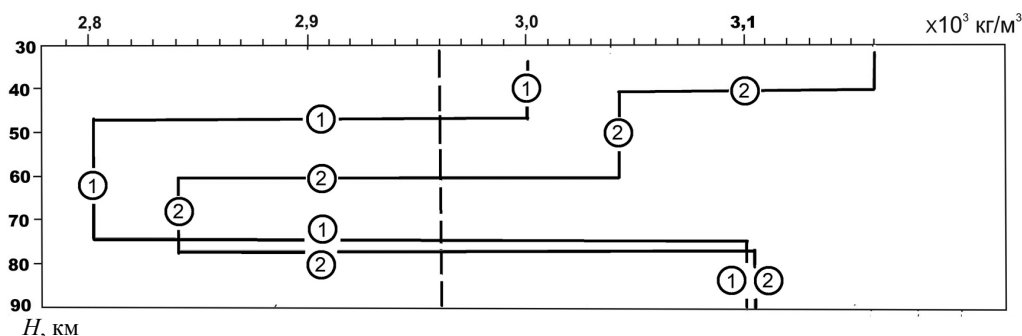


Рис. 3. Обобщенные плотностные разрезы мантии для разных геоструктур Северной Евразии, полученные по результатам интерпретации гравиметрических данных по региональным профилям в сопоставлении с тенденцией нормального уплотнения: 1 – север Восточно-Европейской платформы, Северный Урал, север Западно-Сибирской плиты и северо-западная часть Сибирской платформы; 2 – Скифская плита, юг Восточно-Европейской платформы, Южный Урал и юго-западная часть Западно-Сибирской плиты. Прерывистой линией показана тенденция нормального уплотнения, рассчитанная как функция геостатического давления и температуры

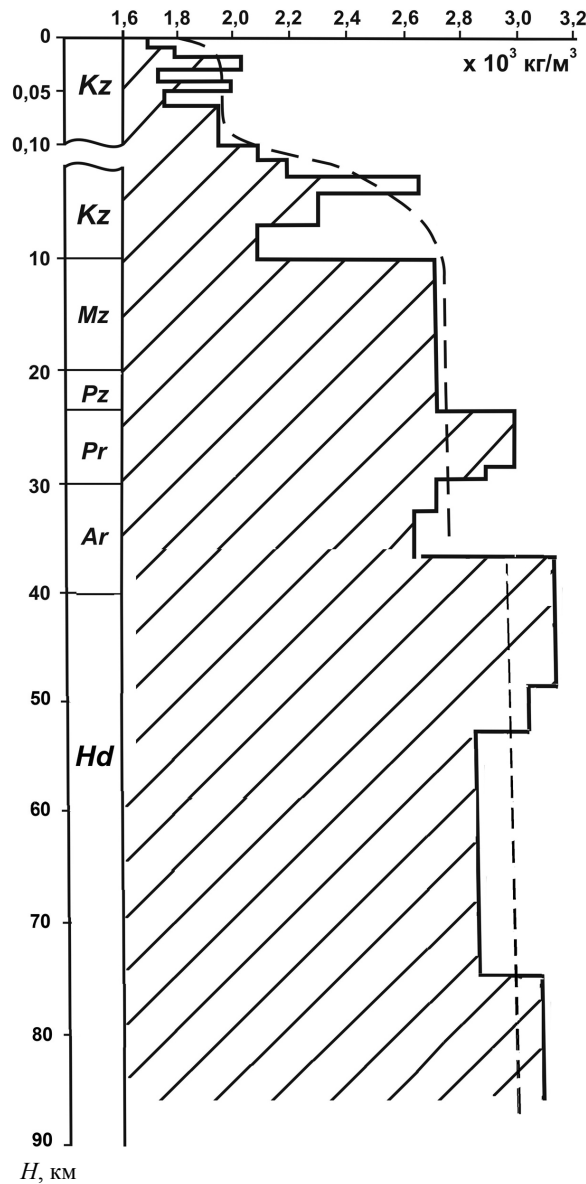


Рис. 4. Сводный плотностной разрез литосферы Северной Евразии. Составлено по материалам бурения глубоких и сверхглубоких скважин – Саатлинской и Кольской, а также по материалам интерпретации гравиметрических данных по региональным профилям. Прерывистой линией показана тенденция нормального уплотнения, рассчитанная как функция геостатического давления и температуры

Если дилатация является следствием флюидной динамики, то становится объяснимым проникновение высоконапорных флюидов в земную кору и, как следствие, формирование в земной коре зон разуплотнения, подобных тем, которые выявлены при бурении Кольской сверхглубокой скважины. При этом создаются благоприятные условия для процессов диапиризма и вулканизма как кульминационной формы его проявления [5]. В частности, по результатам интерпретации гра-

витационных аномалий в кристаллической коре Куринской и Прикаспийской впадин, Уральских гор, Западно-Сибирской плиты выявлены понижения плотности с глубиной с формированием коровых и мантийных диапиров (рис. 5). В восточной части Западно-Сибирской плиты также выявляется структура, идентифицируемая с мантийным диапиром, где разуплотненные комплексы мантии перекрыты уплотненными комплексами мантии в нижней части земной коры [2].

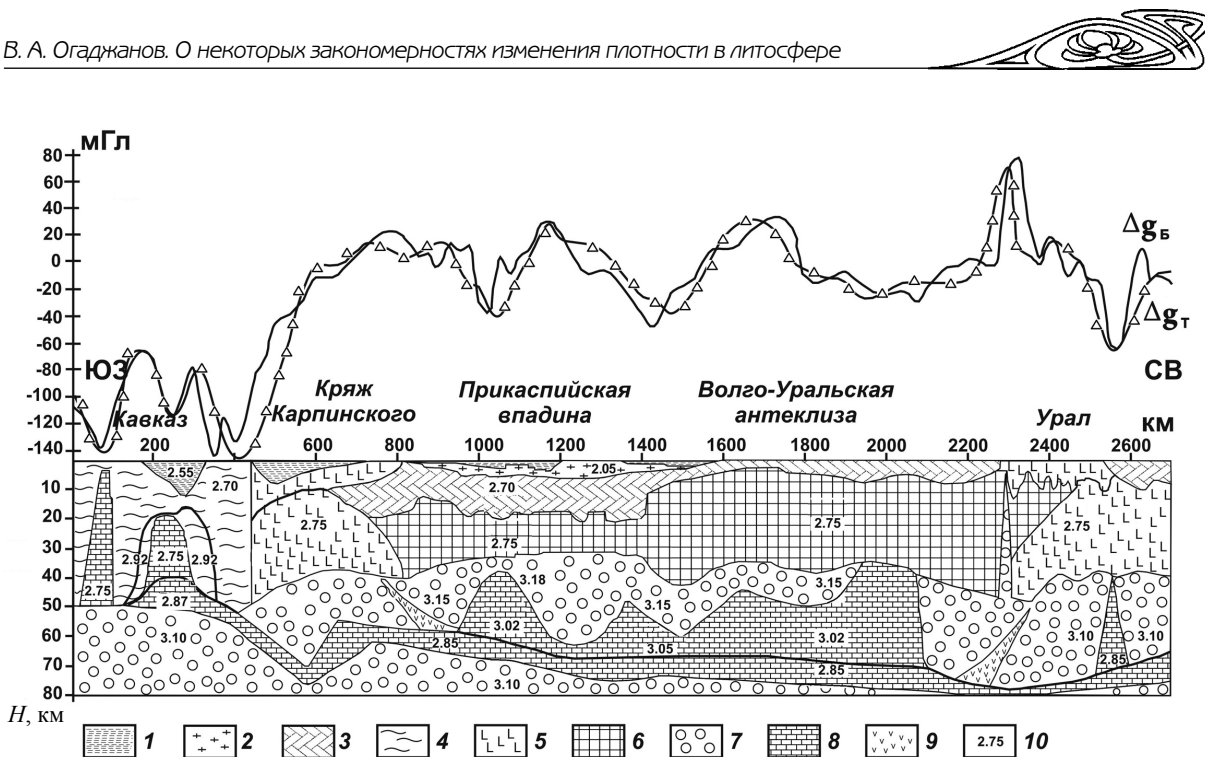


Рис. 5. Плотностной разрез по линии Кавказ – Урал. Толщи осадочных отложений: 1 – мезокайнозойские терригенные; 2 – соленосные; 3 – палеозойские преимущественно карбонатные. Толщи кристаллической коры: 4 – альпийского возраста; 5 – герцинского возраста; 6 – докембрийского возраста. Толщи мантии: 7 – нормально уплотненная; 8 – разуплотненная; 9 – предполагаемые зоны дробления в мантии; 10 – значения плотности

Заключение

Сопоставление плотностных моделей литосферы, полученных по материалам интерпретации гравитационных аномалий с теоретической кривой изменения плотности с глубиной, позволяет сделать вывод о закономерностях изменения плотности, выраженной в парагенетической связи разуплотненно-уплотненных пород, обусловленных их дилатацией. Процессы дилатации могут протекать в земной коре, верхней мантии и глубже [2, 3]. С учетом изложенного есть основание для выводов о распространении закономерности, выраженной в особенностях чередования парагенетически связанных разуплотненных и уплотненных комплексов в земной коре, на более глубокие слои литосферы. Таким образом, при построении глубинных моделей литосферы следует учитывать наличие дилатационных изменений на разных ее уровнях и связанных с ними геологических объектов, а также процессов дилатационного генезиса.

Библиографический список

1. Григорьянц Б. В., Гулиев И. С., Огаджанов В. А. Некоторые закономерности и причины изменений плотности в земной коре // Доклады АН Азербайджанской ССР. 1989. Т. 4, № 7. С. 32–35.

2. Огаджанов В. А. Концепция геофизических исследований, основанная на явлении дилатации горных пород // Геофизика. 1998. № 4. С. 10–13.
3. Гончаров М. А. Механизм геосинклинального складкообразования. Москва : Недра, 1988. 263 с.
4. Кольская сверхглубокая / под ред. Е. А. Козловского. Москва : Недра, 1984. 490 с.
5. Огаджанов В. А., Огаджанов А. В. Геолого-геофизические характеристики основных типов глубинных геоструктур Европейской плиты // Геофизика. 2015. № 1. С. 60–66.
6. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. Москва : Наука, 1964. 847 с.
7. Берч Ф., Шерер Д., Снайсер Г. Справочник для геологов по физическим константам. Москва : Издательство иностранной литературы, 1949. 32 с.
8. Справочник по физическим свойствам минералов и горных пород при высоких термодинамических параметрах. Москва : Недра, 1988. 255 с.
9. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых : справочник геофизика / под ред. Н. Б. Дортман. Москва : Недра, 1984. 455 с.
10. Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР. Москва : Наука, 1980. 184 с.
11. Файф У., Прайс Н., Томпсон А. Флюиды в земной коре : пер. с англ. Москва : Мир, 1981. 435 с.
12. Фертель У. Х. Аномальные пластовые давления. Москва : Недра, 1980. 397 с.
13. Шербаков А. Н., Козлов Н. Д., Смирнова Г. Н. Газы термальных вод. Москва : Наука, 1974. 218 с.

Поступила в редакцию 11.12.2020, после рецензирования 17.03.2021, принята к публикации 15.05.2021
 Received 11.12.2020, revised 17.03.2021, accepted 15.05.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 192–208
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 192–208
<http://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-192-208>

Научная статья
УДК 551.762(470.4)



Новые данные о свитах верхней юры Ульяновско-Саратовского прогиба и северной части Прикаспийской синеклизы

М. А. Рогов

Геологический институт РАН, Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7

Рогов Михаил Алексеевич, доктор геолого-минералогических наук, russianjurassic@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3302-4709>

Аннотация. Приведена детальная характеристика свит верхней юры юга европейской части России, ограниченных в основном киммериджским и волжским ярусами. Для вechкуской свиты приведена характеристика опорного разреза, для новиковской свиты предложен неостратотип. Подробно рассмотрены критерии проведения границ местных стратиграфических подразделений и особенности распределения стратонтов по площади. Предлагается изменить объем вechкуской, новиковской и тразовской свит, отказавшись от совмещения их границ с границами ярусов или подъярусов. По нашему мнению, предпочтительнее проводить их в соответствии с наиболее чётко фиксируемыми и широко прослеживаемыми литологическими границами. Ундорская свита, которой заканчивается разрез верхней юры в регионе, включает существенно различающиеся по составу интервалы. Для области развития кремнистых разностей в верхневолжском интервале целесообразно использовать кашпирскую свиту. Оксфордские спонголиты г. Улаган, резко отличающиеся от одновозрастных пород смежных регионов, предлагается предварительно рассматривать в составе приэльтонской толщи. Несмотря на то что в пределах изучаемого региона присутствуют изохронные литологические маркеры, границы свит в большей или меньшей степени диахронны, что связано как с присутствием перерывов в осадконакоплении, так и с временным скольжением литологических границ.

Ключевые слова: биостратиграфия, свиты, киммеридж, волжский ярус

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы госзадания ГИН РАН. Автор признателен коллегам, благодаря которым удалось ознакомиться с керном наиболее важных скважин: Е. Ю. Барабошкину (МГУ, ГИН РАН, Москва), Е. В. Щепетовой (ГИН РАН, Москва) и А. Ю. Гужикову (СГУ, Саратов), а также А. Н. Кузьмину (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург) за информацию об отчётах.

Для цитирования: Рогов М. А. Новые данные о свитах верхней юры Ульяновско-Саратовского прогиба и северной части Прикаспийской синеклизы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 192–208. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-192-208>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

New data about Upper Jurassic formations of the Ulyanovsk-Saratov through and the northern part of the Peri-Caspian Syncline

М. А. Rogov

Geological Institute of RAS, 7/1 Pyzhevski lane Moscow, 119017 Russia

Mikhail A. Rogov, russianjurassic@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3302-4709>

Abstract. A detailed description of the Upper Jurassic formations of the south of the European part of Russia, mainly restricted by the Kimmeridgian and Volgian stages, is given. The characteristic of the reference section is provided for the Vechkusy Formation, and the neostatotype is proposed for the Novikovka Formation. The criteria for drawing the boundaries of local stratigraphic units (formations) and the features of strata distribution are considered in detail. It is proposed to change the stratigraphic volume of the Vechkusy, Novikovka and Trazovo Formations, refusing to align the boundaries of the formations with those of stages and substages, and instead to use most clear and widely traced lithological boundaries for defining formations. The Undory Formation, which ends the Upper Jurassic section in the region, includes intervals which differ significantly in their lithologies, and the Kashpir Formation is used here for the area characterized by siliceous sedimentation during the late Volgian. Oxfordian spongolites of the Ulagan Mt. that are sharply different from the coeval strata of adjacent regions ascribed to as Prieltonskaya Member. Despite the fact that isochronous lithological markers are present within the region under consideration, the boundaries of the formations are more or less diachronous, due to both the presence of sedimentary breaks and the temporal sliding of lithological boundaries.

Keywords: biostratigraphy, formations, Kimmeridgian, Volgian stages



Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the state task of the Geological Institute. I am grateful to my colleagues, due to who I was able to get access to the core of the most important boreholes: Evgeny Y. Baraboshkin (MSU, GIN RAS, Moscow), Elena V. Shchepetova (GIN RAS, Moscow) and Andrey Yu. Guzhikov (SSU, Saratov), as well as Aleksei N. Kuzmin (VSEGEI, Saint-Petersburg).

For citation: Rogov M. A. New data about Upper Jurassic formations of the Ulyanovsk-Saratov through and the northern part of the Peri-Caspian Syncline. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 192–208 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-192-208>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Введение

В течение длительного времени (вплоть до середины 80-х годов XX столетия) в верхней юре европейской части России свиты не выделялись и при геологической съемке картировались ярусы Общей стратиграфической шкалы. Только с середины 80-х годов началось активное использование свит в этом стратиграфическом интервале [1]. Большая часть используемых в настоящее время свит верхней юры была предложена в Объяснительной записке к Унифицированной стратиграфической схеме юрских отложений Русской платформы [2]. К сожалению, для свит Ульяновско-Саратовского прогиба были приведены лишь сведения о стратотипах (в большинстве случаев это были разрезы скважин, публикации по которым отсутствовали), как правило, без указания не только критериев проведения границ и отличий от одновозрастных, перекрывающих и подстилающих толщ, но и данных о литологическом составе (он приводился только в самой Унифицированной стратиграфической схеме). Вскоре более подробная характеристика этих свит была опубликована А. Г. Олферьевым [3]. При этом критерии проведения границ свит по-прежнему оставались неясными, тем более что изначально Унифицированная стратиграфическая схема создавалась по крайне неудачному принципу, согласно которому их границы старались совмещать с границами ярусов и подъярусов. Это облегчало работу с материалами, опубликованными ранее, но в большинстве случаев делало местные подразделения, по сути, не картируемыми. Немного позже свиты (со стратотипами, выбранными главным образом в скв. 1 Новоузенской опорной) были установлены для верхней юры Прикаспия [4]. Затем Юрской комиссией РМСК было выделено несколько новых свит, а часть выделенных ранее местных стратиграфических подразделений было предложено объединить [5, 6]. В процессе подготовки Унифицированной региональной стратиграфической схемы [7] число одновозрастных свит было еще сокращено за счет объединения литологически сходных стратотипов по латерали, но для подразделений верхней юры Ульяновско-Саратовского прогиба и прилегающих районов Прикаспийской синеклизы какой бы то ни было ревизии стратотипов и их границ сделано не было. В то же время за прошедшие два десятилетия по кимериджскому и волжскому (и в меньшей

степени оксфордскому) ярусам данного региона было накоплено большое количество новых данных, касающихся в первую очередь детализации расчленения данного интервала по аммонитам, а также было опубликовано детальное описание как известных ранее, так и новых разрезов. Это позволяет уточнить характеристику свит, а также обосновать критерии проведения их границ и возраст.

Материал

Материал для данной публикации был получен в ходе многолетних исследований автора, который начиная с 1997 года регулярно посещал верхнеюрские разрезы Среднего Поволжья от Нижегородской области на севере до Волгоградской области на юге (рис. 1), включая все естественные разрезы, которые ранее были предложены в качестве стратотипов для свит (рис. 2). Кроме того, был изучен керн наиболее важных для обоснования возраста и границ местных стратиграфических подразделений скважин, пробуренных в минувшие 30–35 лет (Татарско-Шатрашанская скв. 1, скв. 120, скв. 559), что дало возможность уточнить распространение отдельных стратотипов и их объем. Использовались также данные из публикаций и фондовые материалы.

Описание свит

Вечкусская свита

Автор: Е. Л. Писанникова (см.: [2, с. 19]).

Возраст: верхняя часть нижнего оксфорда – низы нижнего кимериджа.

Мощность. Из-за неясности в проведении границ свиты и редкости ее разрезов в естественных обнажениях или карьерах мощность может быть оценена лишь приблизительно – 20–50 м.

Стратотип. Инт. 54,8–71,7 м скв. 2, пробуренной в 1,2 км юго-западнее с. Вечкусы (Ичалковский р-н, Мордовия). Описание стратотипа и его палеонтологическая характеристика не опубликованы, керн, по всей видимости, не сохранился. В связи с отсутствием каких-либо сведений о строении свиты в типовом разрезе и керна предлагается в качестве опорного для свиты рассматривать разрез у д. Валы [8, сл. V1–V8], где обнажена верхняя часть свиты, датируемая нижним кимериджем до биогоризонта *bayi* включи-

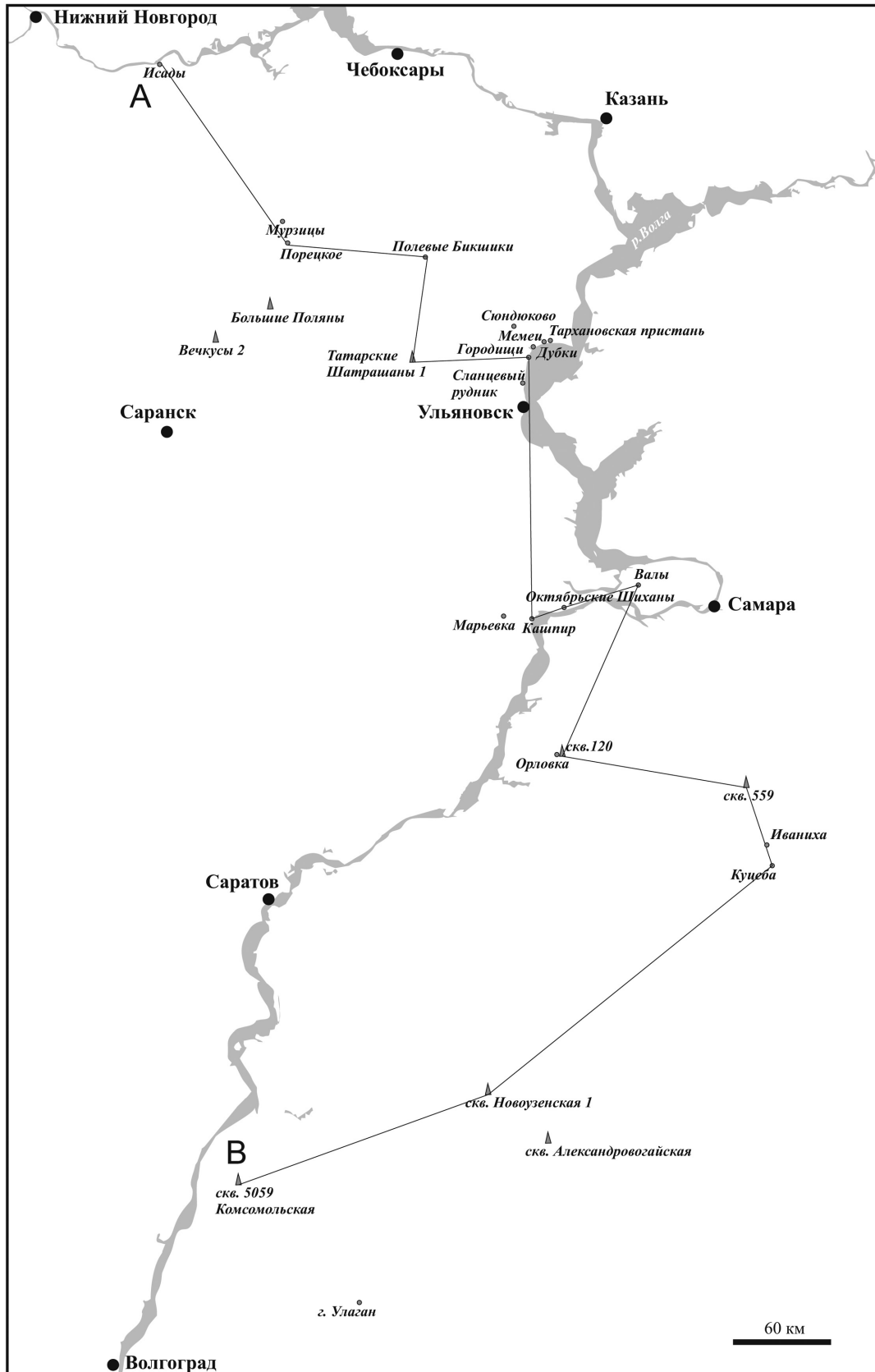


Рис. 1. Схема расположения основных изученных разрезов и скважин, а также типовых разрезов свит. Линией А-В обозначен профиль, для которого приведены схемы строения разрезов (см. рис. 3)

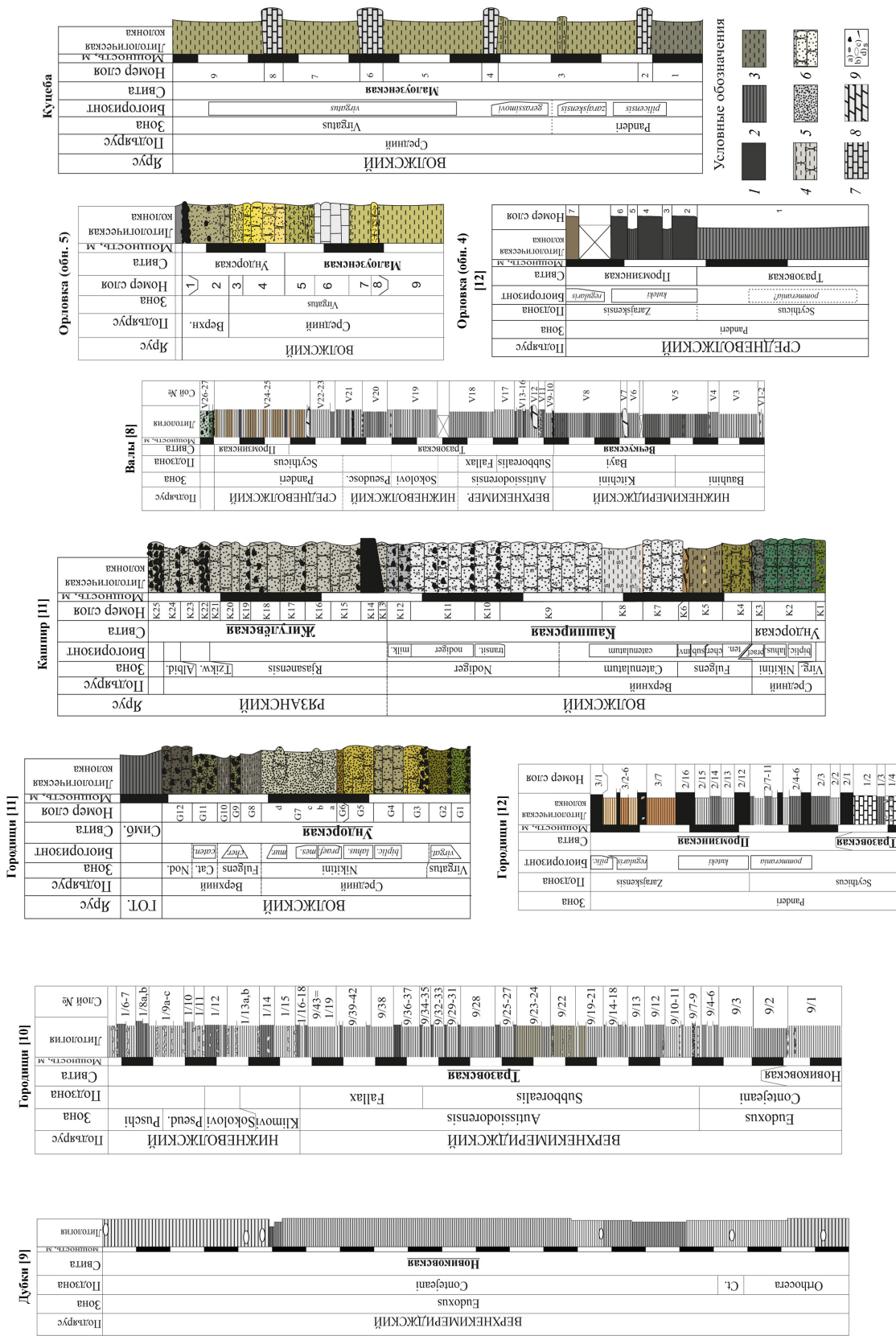


Рис. 2. Строение ключевых разрезов киммериджского и волжского ярусов Среднего Поволжья. Свиты в стратиграфических разрезах выделены полужирным шрифтом с подчёркиванием, в опорных разрезах – жирным шрифтом без подчёркивания: 1 – горючие сланцы, 2 – глины, 3 – алевролиты, 4 – алевролиты, 5 – пески, 6 – песчаники, 7 – известняки, 8 – мертели, 9 – дополнительные элементы: а – фосфориты, б – конкреции мергеля, с – белемниты, d – кремнистость



тельно. Здесь вскрыт интервал мощностью 8,5 м, представленный переслаиванием светло-серой и темно-серой глины с многочисленными горизонтами фосфоритовых конкреций и одним уровнем с конкрециями мергеля.

История изучения свиты. В записке к Унифицированной стратиграфической схеме [2] для оксфорда Среднего Поволжья были установлены большеполянская и вечкусская толщ. Но их палеонтологическая и литологическая характеристика, а также информация о взаимоотношении друг с другом, подстилающими или перекрывающими отложениями не была опубликована. Типовые разрезы обеих толщ были выделены в скважинах (у с. Большие Поляны, Ардатовский р-н Мордовии¹ и у с. Вечкусы, Ичалковский р-н Мордовии). Описание скважин в публикациях отсутствует, их палеонтологическая характеристика не приводилась. Достаточно подробная информация о большеполянской толще была приведена лишь в неопубликованном отчете, в котором она была впервые предложена [13]. Приведем здесь ее характеристику: «В качестве литостратиграфического подразделения выделена по результатам настоящей съемки и материалам предшествующих исследователей. На дневную поверхность отложения толщи не выходят, разрез изучался по керну скважин. Полные разрезы вскрыты скв. 529, пробуренной в процессе настоящей съемки, и скважинами предшествующих исследователей... Рассматриваемая толща с размывом залегает на оолитовой [средний келловей, докучаевская свита. – М. Р.] и согласно перекрывается породами новиковской толщи, чаще всего без четко выраженных границ... Чаще всего... [верхняя] граница устанавливается по смене микро- и макрофауны (скв. 1022), в других [случаях] – по резкому увеличению алевритистого и песчанистого материала в основании новиковской толщи (скв. 529)... В сложении описываемого разреза толщи принимают участие глины светло-серые и серые, прослоями темно-серые, сильно известковистые, иногда мергелеподобные, плотные, трещиноватые, в нижней части толщи горизонтальнослоистые, редко с присыпками алеврита по наслоению, с включениями мелких стяжений и желваков пирита с обилием фаунистических остатков... Особенностью разреза является присутствие почти во всех разрезах толщи (скв. № 529, 784, 1001 и др.) прослоек сланцев, встречающихся в средней

части толщи» [13, с. 106–108]. Вскоре А. Г. Олферьевым [3] была приведена краткая характеристика вечкусской и большеполянской толщ, а также высказано предположение о том, что они должны быть объединены в один стратон. Было также указано, что толщ имеют двучленное строение и залегают на подстилающих отложениях с размывом. В 2012 году бюро РМСК по центру и югу Русской платформы приняло решение «объединить близкие по литологии и возрасту (оксфорд) вечкусскую, большеполянскую и володарскую толщ, выделявшиеся в Среднем Поволжье, в одну свиту – вечкусскую» [6, с. 23]. В том же году вечкусская свита вошла в Унифицированную региональную схему [7].

Литологическая характеристика. В типовом регионе (бассейн р. Суры) свита представлена глинами известковистыми серыми, светло-серыми, прослоями алевритистыми с конкрециями фосфоритов и включениями пирита. Присутствуют прослои (0,4–2,5 м) мергелей темно-серых, переходящих в известняки светло-серые, пелитоморфные [14]. Близкое строение свита имеет южнее, в Самарской области (карьер у д. Валы) и на севере Саратовского Заволжья, где в скв. 120 к ней могут быть отнесены известковистые глины с кимериджским комплексом микрофауны, которые перекрывают верхний келловей (инт. 67–78 м). В типовом регионе характер взаимоотношения свиты с перекрывающими отложениями неясен. Хотя П. А. Герасимов и М. П. Казаков [15] писали о контакте между нижним и верхним кимериджем, ни в одном из описанных ими разрезов этот контакт не был зафиксирован. Лишь Н. Т. Сазонов [16, с. 70] описал разрез на р. Цильне, где вечкусская свита (сл. 5–8 в [16]) перекрывается глинами новиковской свиты (сл. 4). Интересны указания на присутствие в основании верхнего оксфорда (т. е. в нижней половине свиты) прослоя битуминозных сланцев, развитых в Мордовии, на юге Татарстана и в Самарской Луке [13, 16, с. 69–70]. Этот слой является аналогом прослоя битуминозных сланцев, широко развитого в подошве верхнего оксфорда (в подмосковной свите) Московской, Ивановской и Костромской областей [17–19]. В Самарской и Саратовской областях в кровле свиты присутствует хорошо выраженный фосфоритовый горизонт, содержащий обломки переотложенных келловейских, оксфордских и нижнекимериджских окаменелостей.

Границы. Нижняя граница, как правило, резко несогласная: чаще всего свита залегает на среднем или нижнем келловее, а в случае залегания на верхнем келловее она обычно представлена своей верхней, кимериджской, частью. Верхняя граница в большинстве случаев тоже несогласная, подчеркнута прослоями фосфоритов. При их отсутствии в случае согласного перекрытия новиковской свитой граница проводится по появлению сильноизвестковистых массивных светло-серых глин.

¹ В Унифицированной стратиграфической схеме [2] указано: «Типовой разрез – Чувашская республика, Алатырский р-н, с. Большие Поляны», но в Чувашии нет населённых пунктов с таким названием. По всей видимости, речь идёт о с. Большие Поляны, которое расположено в Мордовии, но ранее входило в Алатырский уезд. Типовые скважины обеих обсуждаемых толщ расположены на соседних листах геологической карты масштаба 1:200000 (N-38-X и N-38-XVI).



Маркирующие горизонты внутри свиты. Вблизи основания верхнеоксфордской части свиты может присутствовать прослой битуминозных сланцев.

Палеонтологическая характеристика. Свита охарактеризована нижнеоксфордско-нижне-кимериджскими аммонитами *Cardioceras* spp., *Amoeboceras* spp., *Plasmatites* spp., *Amoebites bayi* (Birk. et Call.), *Pictonia* spp., *Prorasenia* spp., комплексом фораминифер зон *Opthalmidium strumosum* – *Lenticulina brestica*, *Epistomina uhligi* – *Lenticulina russiensis* и *Lenticulina kuznetsovae* – *Epistomina praetatarsiensis*, комплексами по остракодам зоны *Eucytherura* – *Tethysia*, слоев с *Schuleridea triebeli*, а также комплексом диноцист *Rhynchodiniopsis cladophora*, *Stephanelytron carburghense*.

Замечания. Первоначально кровля свиты была проведена по границе оксфордского и кимериджского ярусов. Но во всех без исключения разрезах Поволжья, описанных в литературе и/или изученных автором, граница ярусов никак не выражена литологически и может быть установлена только в ходе детального изучения аммонитов. Поэтому здесь верхняя граница свиты принимается на более высоком уровне, она или совпадает со сменой характера глин, которые становятся более карбонатными и массивными, или проводится по горизонту окатанных фосфоритов.

Распространение. Свита распространена в пределах двух, видимо, изолированных регионов: в бассейне р. Суры (Мордовия, Чувашия, южные районы Татарстана) и Среднем Поволжье (Самарская область и Саратовское Заволжье). В Ульяновской области свита, скорее всего, была размывта в раннем кимеридже, и здесь вышележащая новиковская свита залегает на разных горизонтах средней юры.

Новиковская свита

Автор: Е. Л. Писанникова (см.: [2, с. 19]).

Возраст: нижний кимеридж (верхи зоны *Cymodoce*) – верхний кимеридж (верхи зоны *Eudoxus*).

Мощность. Как и в случае с более древними отложениями, из-за существования разных данных об объеме её мощность может быть определена лишь приблизительно. В наиболее полных разрезах на севере Ульяновской области она достигает 30–40 м [9, 20, 21].

Стратотип. Инт. 29,8–57,0 скв. 15 у д. Новиковка, Алатырский р-н, Чувашия [2]. Описание стратотипа и палеонтологическая характеристика не опубликованы. Предлагается выделить неостратотип свиты в детально изученном разрезе на берегу Куйбышевского водохранилища между д. Мемеи и д. Городищи [9, 10, 20, сл. Та1 – Диб]. В неостратотипе свита представлена светло-серыми массивными сильноизвестковистыми глинами, местами переходящими в мергель, с прослоями конкреций фосфорита и мер-

геля. Здесь свита с размывом залегает на разных горизонтах средней юры, в ее основании часто присутствует прослой окатанных фосфоритовых конкреций [21]. В нижней части свиты присутствует прослой горючих сланцев.

История изучения свиты. В записке к Унифицированной стратиграфической схеме [2] в объеме кимериджского яруса для Волго-Уральской антеклизы была выделена новиковская толща. Информация о строении новиковской толщи (свиты) и ее границах приведена в неопубликованном отчете, в котором данное стратиграфическое подразделение было первоначально установлено: «Новиковская толща прослеживается на всей рассматриваемой площади, по простиранию выдержана, на дневную поверхность не выходит. Разрез толщи изучался по буровым скважинам. В качестве литостратиграфического подразделения толща выделена по материалам настоящей съемки и предшествующих исследователей... Выделенная толща согласно перекрывает большеполянскую толщу. Нижняя граница толщи повсеместно нечеткая и проводится по смене светло-серых и серых глин большеполянской толщи темно-серыми более карбонатными алевроитистыми и песчанистыми глинами новиковской толщи, иногда по снижению гамма-активности пород на кривых ГК. Сверху толща перекрывается, в большинстве случаев, мергелями тразовской толщи. На отдельных участках вследствие размыва новиковская толща перекрыта сланцами и глинами промзинской толщи, содержащей фосфоритовую гальку... По литологическому составу описываемая толща очень близка к подстилающей ее большеполянской толще и представлена глинами серыми и темно-серыми, участками коричневато-серыми, известковистыми и сильно известковистыми, участками переходящими в мергель глинистый, плотный тонкооскольчатый, прослоями брекчиевидный. К подошве глины становятся алевроитистыми и алевроитовыми до перехода в алевроит. Прослой алевроитов (мощностью до 5,4 м) темно-серых, безызвестковистых, слюдястых, содержащих линзовидные прослой глин мощностью 10–15 см, залегают в виде невыдержанных по простиранию пластов. Из минеральных образований в породах толщи встречается пирит в виде желваков и порошковатых присыпок по растительным остаткам...» [13, с. 109–110]. Судя по всему, границы свиты предполагалось устанавливать главным образом на биостратиграфической основе, потому что сколь-нибудь выраженные литологические маркеры вблизи как нижней, так и верхней границ кимериджского яруса в данном регионе отсутствуют. Карбонатные конкреции, которые предлагалось использовать для проведения верхней границы свиты, развиты только в северо-западной части площади ее распространения, причем они присутствуют как в кимериджской, так и в нижеволжской частях разреза. В таком понимании



свита на практике становится не картируемой. Поэтому в данной статье в качестве новиковской свиты предлагается рассматривать интервал внутри кимериджского яруса Среднего Поволжья, который характеризуется преобладанием светло-серых сильноизвестковистых массивных глин, иногда алевролитистых, как правило, с неотчетливой слоистостью. Он подстилается и перекрывается толщами, для которых характерно частое переслаивание темно- и светло-серых глин с толщиной отдельных слоев от 0,1 до 1–2 м.

Литологическая характеристика. Свита сложена массивными сильноизвестковистыми глинами, переходящими в мергель. Присутствуют прослои с фосфоритовыми и карбонатными конкрециями. Слоистость слабо выражена (за исключением отдельных интервалов). В нижней части свиты присутствует прослой высокоуглеродистых сланцев, в ее основании могут быть линзы и прослои окатанных фосфоритовых конкреций.

Границы. Нижняя граница в большинстве случаев несогласная, свита залегает с разрывом на разных горизонтах средней и верхней юры. В случае согласного залегания на вечкуской свите граница между ней и новиковской свитой проводится по появлению сильноизвестковистых массивных светло-серых глин. Верхняя граница – по появлению частого переслаивания темно-серых и серых глин, примерно совпадающего с границей зон *Eudoxus* и *Autissiodorensis*.

Маркирующие горизонты внутри свиты. В нижней части свиты, относящейся к зоне *Mutabilis* нижнего кимериджа, присутствует характерный прослой горючего сланца [21], который прослеживается от севера Ульяновской области до Чувашии [14, 22].

Палеонтологическая характеристика. Свита охарактеризована ниже- и верхнекимериджскими окаменелостями, из которых достаточно полно изучены только аммониты. В низах свиты встречены *Zonovia*, *Crussoliceras*, *Zenostephanus*, *Amoebites*, *Aulacostephanoides*, выше черносланцевого интервала появляются многочисленные *Aspidoceras*, которым сопутствуют *Sutneria* и *Aulacostephanus* spp. На некоторых уровнях встречаются *Euprionoceras*, *Hoplocardioceras* и близ верхней границы свиты *Nannocardioceras*. Известны также находки *Neochetoceras*, и в верхней части свиты – *Discosphinctoides* и *Tolvericeras*. К свите приурочены находки фораминифер зон *Lenticulina kuznetsovae* – *Epistomina praetataricensis* и *Naplophragmium monstratus* – *Pseudolamarckina pseudorjasanensis*.

Распространение. Свита распространена на севере Среднего Поволжья, в Мордовии, Чувашии и пограничных районах Татарстана и Ульяновской области. Наиболее полный разрез вскрывается в неостратотипе, немного более сокращенная мощность свиты фиксируется западнее (скв. Татарские Шатрашаны 1 [23]).

Кисловская свита

Автор: В.И. Левина (см.: [4, с. 6]).

Возраст: верхний кимеридж (зона *Autissiodorensis*) – ? низы нижневолжского подъяруса.

Мощность. Максимальная мощность (до 40 м) наблюдается на восточной периклинали Астраханского свода, в других разрезах скважин свита достигает 20–30 м [4], в опорном разрезе г. Улаган (оз. Эльтон) – до 10–15 м, в стратотипе – 61 м.

Стратотип. Скв. 5059 Комсомольская (инт. 1450–1511 м), пробуренная в 50 км к юго-востоку от г. Камышин ([4, рис. 3]; в тексте ошибочно указан инт. 1540–1511 м).

История изучения свиты. Свита предложена В. И. Левиной [4] с достаточно подробными сведениями о литологическом составе и распространении (в том числе было указано ее присутствие в разрезе г. Улаган), но конкретных палеонтологических данных, которые могли бы обосновать ее возраст, до сих пор в публикациях не приводилось. Свита принята решением бюро РМСК по центру и югу Русской платформы в 1999 г. [5, с. 43] и вошла в Унифицированную региональную схему [7].

Литологическая характеристика. Свита сложена пелитоморфными светло-серыми и кремоватыми известняками с прослоями мергелей и известковых глин. В районе оз. Эльтон в основании свиты прослеживается прослой фосфоритового конгломерата. В стратотипическом разрезе верхняя часть свиты представлена известняками; сходное строение она имеет в Сарпинском прогибе и на Бугринской площади [4].

Границы. Обе границы свиты, как правило, несогласные. Она с разрывом перекрывает известняки оксфордской воропаевской свиты (в стратотипе), а в разрезе г. Улаган залегает на подстилающих среднеоксфордских спонголитах с прослоем фосфоритового конгломерата в основании. Среднеоксфордские породы этого разреза нельзя отнести ни к одной из существующих свит, предварительно они могут рассматриваться в качестве отдельной толщи, для которой можно предложить название «приэльтонская». В типовом разрезе свита перекрывается валанжинскими глинами, в других разрезах скважин – нередко соленосными волжскими отложениями [4]. Положение верхней границы свиты в разрезе г. Улаган не совсем ясно.

Палеонтологическая характеристика. При выделении свиты было лишь указано, что «в Бугринских скважинах из пород кисловской свиты определен комплекс фораминифер, остракод и пеллеципод с *Astarte lopsiensis* [правильно – *A. lopsiyaensis*. – М. Р.] позднекимериджского возраста» [4, с. 6]. В дальнейшем эта характеристика «перекочевала» в Унифицированную региональную схему [7]. Вид *Astarte lopsiyaensis* был установлен В. А. За-



харовым [24] в верхнем кимеридже Приполярного Урала, а позднее указывался М. С. Месежниковым [25] в нижнем кимеридже и был также встречен в кимеридже в скважинах Западной Сибири [26]. Кто определил этот вид в стратотипе кисловской свиты, неизвестно. Более точно о возрасте свиты можно судить по разрезу г. Улаган, где основание свиты четко датируется биогоризонтом *subborealis* зоны *Autissiodorensis* верхнего кимериджа [27]. В этом разрезе к свите приурочены многочисленные аммониты рода *Sarmatisphinctes*, известные только из зоны *Autissiodorensis*, а также оппелииды (*Neochetoceras* и *Lingulaticeras*); по нашим наблюдениям в самых верхах обнажавшегося интервала свиты были встречены аммониты, переходные к нижеволжским. Упомянутые ранее определения средневолжских аммонитов в разрезе г. Улаган (в том числе прямо над границей с оксфордом [28]), по всей видимости, основаны на ошибочной идентификации сарматисфинктесов, которые и позднее неоднократно принимались за средневолжские дорзопланитесы (см., например, [29]).

Распространение. Свита распространена в центральных частях Сарпинского прогиба и на восточной периклинали Астраханского свода, на севере она ограничивается широтой г. Камышина, районами Александровско-Кисловского пересечения. На крыже Карпинского она имеет локальное распространение в прогибах Промысловского блока [4].

Тразовская свита

Автор: Г. А. Жукова (см.: [2, с. 19]).

Возраст: верхний кимеридж (терминальная часть зоны *Eudoxus*, зона *Autissiodorensis*) – средневолжский подъярус (низы зоны *Panderi*).

Мощность. Максимальная мощность свиты зафиксирована в типовой местности (до ~25 м), севернее и южнее ее они заметно сокращаются. В северо-западном направлении в бассейне р. Суры свита имеет мощность 10–15 м, в Нижегородской области (разрез у д. Исады) – до 2–2,2 м. К югу от типовой местности мощность также уменьшается сначала до 10–12 м (юг Ульяновской области и пограничные районы Самарской области) и затем до 3–6 м на севере Саратовской области (скв. 120, а также окрестности г. Вольска [3]). На большей части Саратовской и Волгоградской областей свита отсутствует, за исключением отдельных пунктов в Волгоградском Заволжье, где ее мощность вновь увеличиваются до ~30 м [30].

Стратотип. Стратотип – обнажение на р. Волге в 2 км ниже д. Городищи, Ульяновская область [31, сл. 5–7]. В связи с изменением объема новиковской свиты к тразовской свите предлагается отнести частое переслаивание темно-серых и серых глин верхнего кимериджа (в стратотипе сл. 9/2 – 1/17 [10]).

История изучения свиты. Это одна из немногих свит, предложенных в записке к Унифицированной стратиграфической схеме [2], чей типовой разрез хорошо изучен и доступен для наблюдения. В то же время проведение нижней границы свиты в основании волжского яруса представляется крайне неудачным, поскольку во всех разрезах Поволжья, где эта граница присутствует, она не выражена литологически и может быть установлена только после проведения детального биостратиграфического исследования [10, 32]. Поэтому в настоящей статье предлагается нижнюю границу свиты проводить на более низком стратиграфическом уровне.

Литологическая характеристика. Свита представлена частым переслаиванием серых, светло-серых и темно-серых глин. Мощностю отдельных слоев, как правило, варьирует в диапазоне 0,1–1 м, реже достигает 1,5–2 м. Характерно присутствие фосфоритовых и пиритовых конкреций, распространенных по всей свите. В ее верхней части, а иногда вблизи основания также встречаются карбонатные конкреции. В бассейне р. Суры крупные караваяобразные карбонатные конкреции также очень характерны для средней части свиты (базальный интервал нижеволжского подъяруса [15, 32]). В верхней половине свиты (верхи нижеволжского подъяруса, зона *Puschi*) могут присутствовать битуминозные сланцы [10, 19].

Границы. Нижняя граница в северных районах распространения свиты согласная, проводится по смене характера слоистости и появлению прослоев темно-серых глин. В Самарской и Саратовской областях свита с резким контактом и размывом залегает на вечкусской свите. Верхняя граница проводится по появлению прослоев горючих сланцев. Хотя черносланцевый интервал также присутствует внутри свиты, он легко отличается от средневолжского интервала единичными прослоями обогащенного органическим веществом алеврита.

Маркирующие горизонты внутри свиты. Для разных уровней внутри свиты характерны крупные караваяобразные карбонатные конкреции. Наиболее часто такие конкреции встречаются в самых верхах кимериджа и основании нижеволжского подъяруса бассейна р. Суры (разрезы у деревень Мурзицы, Полевые Бикшики, Исады [32]; см. также [15]). В верхней части нижеволжского подъяруса может присутствовать двоякый прослой сланцеватых алевритов с высоким содержанием органического вещества. В настоящее время этот черносланцевый интервал выявлен только в двух разрезах – Городищи и Кашпир. Для низов верхнекимериджского интервала свиты маркирующим является своеобразный сильнобиотурбированный слой глин мощностью 0,1–0,15 м, легко опознаваемый по своему характерному облику и многочисленным находкам *Nannocardioceras volgae*



(Pavl.). Этот слой прослеживается на расстоянии около 300 км от юго-восточных районов Нижегородской области (Мурзицы) до Самарской луки (Валы) [8].

Палеонтологическая характеристика. В свите встречаются многочисленные верхнекимериджско-средневожские аммониты [10, 12, 32, 33], среди которых наиболее характерны в кимериджской части разреза *Sarmatisphinctes* spp., *Aulacostephanus camericensis* Cope et Etches, *A. volgensis* (Vischn.), *A. mammatus* Ziegler, *Neochetoceras* ex gr. *subnudatum* (Font.), в том числе в самых низах свиты *Aspidoceras catalaunicum* (Lor.), *Sutneria* и *Nannocardioceras volgae* (Pavl.). В нижневожском интервале распространены *Howaiskya* spp., *Neochetoceras* ex gr. *stereaspis* (Opp.), *Paralingulaticeras efimovi* (Rogov), *Schaireria neoburgensis* (Opp.), *Sutneria asema* (Opp.), “*Pseudovirgatites*” spp., а к нижней части зоны Panderi средневожского подъяруса приурочены находки *Zaraiskites quenstedti* (Rouill.), *Z. scythicus* (Vischn.), *Pavlovia pavlovi* (Mikh.), *Dorsoplanites* spp. Из свиты известны представительные комплексы остракод [34], известкового наннопланктона [35, 36], фораминиферы зон *Pseudolamarckina pseudorjasanensis*, *Pseudolamarckina bieleckae* – *Verneulinoides kirillae*, *Marginulinita kasakhstanica* – *Lenticulina indorica* и *Lenticulina infravolgaensis* – *Saracenaria pravoslavlevi* [37, 38], диноцисты, характерные для зон *Gonyaulacysta jurassica* subsp. *jurassica*, *Corculodinium inaeffectum* и слоев с *Muderongia simplex* [38, 39], а также комплексы остракод зон *Galliaecytheridea monstrata*, *Oligocythereis kostytshevkaensis*; *Galliaecytheridea*, *Macrodentina* (P.) *ramosa*; *Cytherella*, *Reticocythere cornulateralis*.

Распространение. Свита широко распространена в Среднем Поволжье от Нижегородской области на севере до севера Саратовского Заволжья на юге, но максимальной мощности достигает в типовом регионе, на севере Ульяновской области. Свита выделяется также в отдельных пунктах Волгоградского Заволжья [30].

Промзинская (костромская) свита

Автор: Г. А. Жукова (см.: [2, с. 19]).

Возраст: средневожский подъярус, зона Panderi (без самых низов и верхов). Отнесение в некоторых публикациях верхней части черносланцевого интервала к зоне *Virgatus* основано на ошибочной идентификации *Zaraiskites* ex gr. *regularis* Kutek как *Virgatites* и в дальнейшем не подтвердилось.

Мощность. В большинстве случаев мощность свиты варьирует от 5 до 10 м (иногда от 2 м), и лишь на юге Самарской области (скв. 559, стратотип глушицкой свиты) и в Саратовском Заволжье (скв. Александровогайская 1) она существенно возрастает, вплоть до 100–110 м, достигая 200 м в Прикаспийской впадине [40].

Стратотип. Стратотип – обнажение в 2 км ниже д. Городищи, Ульяновская область [31, сл. 11]. Переслаивание серых и коричневатых-серых известковистых глин с битуминозными сланцеватыми темно-серыми бурыми глинами и горючими сланцами. В стратотипе свита охватывает 4 биогоризонта по аммонитам (*pommerania*, *kuteki*, *regularis* и *pilicensis*) [12].

История изучения свиты. Как и нижележащая тразовская свита, данное стратиграфическое подразделение предложено Г. А. Жуковой [2] со стратотипом в разрезе Городищи. В 1999 году в том же стратиграфическом интервале были выделены глушицкая и паромненская толщи [4, 5], в дальнейшем включенные в состав тразовской свиты [6], а для Костромского Заволжья в том же стратиграфическом интервале ранее была установлена сланценосная костромская свита ([1] со стратотипом в районе д. Ивкино [41]). Но если объединение глушицкой свиты с тразовской представляется оправданным, то распространенную в Волгоградском Правобережье паромненскую свиту, имеющую иной литологический состав и лишенную прослоев горючих сланцев ([5]; характеристика свиты в типовом разрезе приведена в [30]), лучше сохранить в качестве обособленного стратона, поскольку черносланцевые прослои, столь характерные для тразовской свиты, в ней отсутствуют. Распространенная на севере Московской синеклизы костромская свита [1] может считаться старшим синонимом промзинской свиты, так как имеет тот же характерный литологический состав и идентичный возраст, и в таком случае название «костромская свита» может использоваться для всей сланценосной толщи зоны Panderi Русской платформы.

Литологическая характеристика. Свита имеет очень характерный облик и легко опознается как в естественных обнажениях, так и в скважинах (в том числе по каротажу). Она представлена переслаиванием глин серых, коричневых или темно-серых и горючих сланцев. Мощность отдельных слоев обычно варьирует между 0,1 м и 1 м (черносланцевые прослои, как правило, до 0,5 м). Присутствуют прослои с фосфоритовыми и карбонатными конкрециями.

Границы. Нижняя граница проводится по появлению прослоев горючих сланцев, верхняя – по их исчезновению и изменению характера осадконакопления со сменой глинистых фаций песками и песчаниками (на севере) или мергелями и известняками (на юге). Обе границы имеют скользящий характер. Свита в основном залегает на подстилающих отложениях несогласно (кроме участка между типовым разрезом и окрестностями г. Сызрань), в таких случаях в ее основании обычно располагается прослой фосфоритов мощностью от 0,1 до 5,4 м [42]. Возраст верхней границы в большинстве случаев определяется глубиной размыва кровли свиты в фазу *Virgatus*.



Свита перекрывается согласно вышележащими отложениями только на юге Самарской области и в Саратовском Заволжье, где верхняя часть зоны Panderi (начиная с биогоризонта *pilicensis*) уже относится к малоузенской свите (см. рис. 2).

Палеонтологическая характеристика. По всей свите, как в прослоях сланцев, так и между ними, встречаются многочисленные аммониты, относящиеся преимущественно к роду *Zaraiskites*; в большинстве разрезов их находки позволяют отнести свиту к интервалу от биогоризонта *pommerania* и выше, лишь в некоторых разрезах, возможно, присутствуют немного более низкие интервалы зоны Panderi с *Zaraiskites ex gr. scythicus* (Vischn.). Реже встречаются *Dorsoplanites panderi* (d'Orb.) и *Pavlovia ex gr. pavlovi* (Mikh.), их находки характерны в первую очередь для северных районов Русской плиты. В свите также известны находки *Acuticostites* и *Haploceras*. Из бентосных форм наиболее часто встречаются *Buchia ex gr. mosquensis* (d'Orb.) и *Berleria maeotis* (Eichw.) (главным образом в сланцах), к верхней части свиты приурочены многочисленные находки *Parainoceramya* (?) *pseudoretorsus* (Geras.). Здесь встречаются фораминиферы зоны *Lenticulina infravolgaensis* – *Saracenia pravoslavlevi* [3], внутри зоны в некоторых разрезах можно наметить несколько последовательно сменяющих друг друга комплексов фораминифер [42]. Характерен комплекс остракод зоны *Cytherella*, *Reticythere cornulateralis*.

Распространение. Свита является наиболее широко распространенным и легко опознаваемым местным стратиграфическим подразделением в юре Русской платформы. Как писал Н. М. Страхов, «пространственное распространение сланцев огромно; можно сказать, что мы знаем их почти отовсюду, откуда известны нижневожские [сейчас – средневожские. – М. Р.] отложения вообще» [43, с. 201]. Свита не выделяется только в южных и центральных районах Московской синеклизы, где зона Panderi представлена фосфоритовым конгломератом, и на юго-востоке Русской платформы (Волгоградское Правобережье и юг Оренбургской области), где в данном интервале выделяются лишённые черносланцевых прослоев паромненская [30] и ащесайская [44] свиты. За пределами России свита прослеживается в Северо-Западном Казахстане вплоть до берегов Каспийского моря, где, по данным А. П. Пронина, она фиксируется в скважинах Аккудук и Уз, а также в естественных обнажениях у оз. Индер [45].

Ундорская свита

Автор: Г. А. Жукова (см.: [2, с. 19]).

Возраст: средневожский подъярус, зона *Virgatus* – верхневожский ярус, зона *Nodiger*.

Мощность. Мощности свиты невелика и чаще всего составляет 2–5 м. Минимальная мощность фиксируется в самых северных районах распространения, у деревень Исады и Про-

сек (Нижегородская область), где толщина свиты не превышает 0,5 м [46]. В типовой местности мощность свиты составляет до 3 м, а южнее, в окрестностях Сызрани (Марьевка, Кашпир, Октябрьские Шиханы), она сокращается до 0,5–1 м [11] и вновь увеличивается примерно до 3 м на севере Саратовского Заволжья (Орловка [47]). В унифицированных схемах [2, 7] для Саратовско-Волгоградского Заволжья указывается мощность свиты до 90 м. Вероятно, речь идет о верхневожском (?) интервале скв. Новоузенская опорная [4, рис. 5], но возраст данного интервала неясен и устанавливается по положению в разрезе. В публикациях максимальная мощность свиты (до 32 м) отмечается на Общем Сырте, где в скв. №13 присутствуют средне- и мелкозернистые песчаники, из которых определен поздневожский комплекс аммонитов, белемнитов и двустворок [48]. Несколько меньшая мощность (до 15 м) указывалась в верховьях рек Большой и Малый Узень [49].

Стратотип. Стратотип – обнажение в 2 км ниже д. Городищи, Ульяновская область [31, сл. 12–18], песчаники, пески и алевроиты с многочисленными прослоями фосфоритов мощностью до 3 м.

История изучения свиты. Первоначально данный стратон в ранге толщи был предложен Г. А. Жуковой в записке к унифицированной стратиграфической схеме [2], со стратотипом в разрезе Городищи и парастратотипом у д. Кашпир; толща охватывала большую часть средневожского подъяруса (без зоны Panderi) и верхневожский подъярус. Вскоре А. Г. Олферьев [3] предложил разделить толщу на три подтолщи и привел их подробную палеонтологическую характеристику. В 1999 году бюро РМСК по центру и югу Русской платформы было принято следующее решение: «перевести ундорскую толщу в ранг свиты. Ограничить ее средневожским подъярусом с выделением в ней двух подсвит, отвечающих соответственно зонам *Virgatites virgatus* и *Epivirgatites nikitini* – *Paracraspedites oppressus*» [5, с. 37]. В дальнейшем на расширенном заседании бюро РМСК 20 марта 2012 года [6] был предложен ундорский горизонт, и было отменено решение секции юры и мела РМСК об ограничении объема ундорской свиты средневожским подъярусом. Таким образом, объем ундорской свиты стал соответствовать таковому одноименной толще в ее первоначальном понимании. С таким объемом ундорская свита вошла в унифицированную региональную схему [7]. В то же время если в типовом регионе на севере Ульяновской области ундорская свита действительно может рассматриваться в установленном объеме как единое местное стратиграфическое подразделение, то южнее, в районе Сызрани, средне- и верхневожские части свиты уже существенно отличаются по составу. Верхневожский интервал разреза здесь представлен своеобраз-



ными кремнистыми породами, которые удобнее рассматривать в качестве отдельной кашпирской свиты (см. ниже).

Литологическая характеристика. Свита представлена переслаиванием песчаников, алевролитов и алевроитов. В разрезе Марьевка в свите присутствует очень тонкий (сантиметровой мощности) прослой горючих сланцев [11]. Очень характерны прослой фосфоритовых конкреций, которые обычно присутствуют в подошве и кровле, а также внутри свиты. В типовой местности для свиты также характерны караваеобразные конкреции песчаника, но в других районах они неизвестны. Свита, как правило, охарактеризована многочисленными находками окаменелостей, которые нередко образуют ракушняки.

Границы. Обе границы свиты несогласные и, как правило, с ними связано развитие прослоев фосфоритового конгломерата или фосфатизированного песчаника. Нижняя граница повсеместно резкая и совпадает со сменой глин и горючих сланцев (или в том случае, когда свита перекрывает малоузенскую свиту, – со сменой глин и мергелей) песками и песчаниками. Возраст нижней и верхней границ свиты скользкий и зависит как от особенностей осадконакопления, так и от того, какая часть свиты сохранилась от последующего размыва. Верхняя граница, как правило, менее выражена, тем не менее она четкая и обычно подчеркнута скоплением фосфоритовых конкреций. Свита часто перекрывается вышележащими отложениями с перерывом в осадконакоплении (отсутствуют верхи волжского яруса, включая аналоги зоны *Volgigidiscus singularis*, которая установлена только в Ярославском Поволжье [50], и обычно также часть рязанского яруса). Лишь в том случае, когда она перекрывается кашпирской свитой, биостратиграфическая граница в кровле свиты не фиксируется.

Палеонтологическая характеристика. Имеющая небольшую мощность конденсированная ундорская свита, как правило, насыщена окаменелостями. Среди моллюсков преобладают белемниты, аммониты и двустворки. Все эти группы в основном встречаются массово и часто образуют ракушняки. Обычно окаменелости отличаются как в матриксе, так и в фосфоритовых конкрециях. Из аммонитов для свиты характерны *Virgatites* (для нижней части, соответствующей зоне *Virgatus*), *Epivirgatites*, *Titanites*, *Lomonossovella* и *Laugeites* (для средней части свиты, отвечающей зоне *Nikitini*; здесь же появляются первые *Kachpurites* и *Subcraspedites*), *Kachpurites*, *Craspedites* и *Garniericeras* (для верхневолжской части свиты). Из двустворчатых моллюсков наиболее многочисленны *Buchia* и (в верхневолжском интервале) *Anopaea*. В свите установлены характерные комплексы фораминифер с *Lenticulina ponderosa* – *Flabellamina lidiae*, *Saracenaria alfa* – *Nodosaria grossulariformis*,

Marginulina impropria – *M. transmutata* и *Astacolus aquilonicus* – *Lenticulina kassini*. В свите присутствуют ассоциации диноцист *Escharisphaeridia*, gr. *Gonyaulacysta* – *Endoscrinium*, *Gochteodinia villosa* – *Endoscrinium pharo* и (в верхах свиты) палинокомплекс с *Classopollis*, *Gleicheniidites* и *Exesipollenites tumulus* [3].

Распространение. Свита широко распространена в Среднем Поволжье и на севере Прикаспийской синеклизы. Самые северные районы ее распространения отмечаются в Нижегородской области [46], а южные – на севере Прикаспия. Если говорить о Саратовской области, то свита существенно отличается по объему в Саратовском Правобережье (где свита мощностью до 1,5 м относится к зонам *Virgatus* и *Nikitini*, см. [51]) и в Саратовском Заволжье (где она включает верхневолжский подъярус, верхи зоны *Virgatus* и зону *Nikitini*). По-видимому, только своей нижней частью, относящейся к зоне *Nikitini* (и имеющей крайне незначительную мощность – до 0,5 м) свита представлена на Большой Черниговской и Зайкинской площадях Саратовского Заволжья.

Малоузенская свита

Автор: Н. П. Прохорова (см.: [4, с. 10]).

Возраст: средневолжский подъярус, зоны *Panderi* (биогоризонты *pilicensis* – *zarajskensis*) – *Virgatus*, местами *Nikitini* и, возможно, низы верхневолжского подъяруса.

Мощность. Как правило, свита имеет мощность 30–40 м (в северных районах распространения стратона 5–10 м), максимальная мощность составляет 160 м [4]. Наблюдается увеличение мощности свиты в южном направлении, в сторону Прикаспийской впадины.

Стратотип. Новоузенская опорная скв. 1, инт. 2234–2370 м, переслаивание известняков, мергелей, глин и песчаников [4].

История изучения свиты. Свита была предложена и детально охарактеризована Н. П. Прохоровой (см. выше), затем принята бюро секции юры и мела РМСК [5] и вошла в Унифицированную региональную схему [7].

Литологическая характеристика. Свита представлена известняками серыми, в разной степени песчанистыми с прослоями мергелей, глин и песчаников. Глины темно-серые, серые и светло-коричневые, известковистые. Песчаники темно-серые, зеленовато-серые мелкозернистые, неравномерно глинистые, известковистые.

Границы. Нижняя граница проводится по появлению прослоев известняков и мергелей и исчезновению прослоев горючих сланцев, верхняя – по исчезновению карбонатных пород. Возраст и нижней, и верхней границ свиты существенно изменяется по площади. Наиболее древняя часть свиты, отвечающая горизонтам *pilicensis* и *zarajskensis* зоны *Panderi*, установ-



ливается на северо-востоке Саратовской области (Перелюбский район) и на юге Самарской области (Большеглушицкий район); в разрезе у д. Орловка низы свиты относятся к зоне *Vitgatus*, верхняя часть которой приурочена к ундорской свите. Отнесение части свиты к зоне *Nikitini* недостаточно хорошо обосновано, поскольку в единственном разрезе, где четко установлено присутствие этой зоны по аммонитам (разрез Орловка, см. рис. 2 и [47]), она приурочена к ундорской свите, а малоузенская свита не выходит за пределы зоны *Vitgatus*. При этом и верхняя, и нижняя граница свиты, как правило, согласные. В то же время, исходя из данных по разрезу г. Улаган [52], можно предположить, что местами верхняя часть свиты может относиться к низам верхневолжского подъяруса. Этот существенно карбонатный тип разреза верхневолжского подъяруса было предложено выделить в качестве ланцугской толщи (Н. П. Прохорова и В. И. Левина, см.: [5, с. 48]), но вполне возможно, что его можно отнести к малоузенской свите.

Палеонтологическая характеристика. По всей свите встречаются многочисленные аммониты и двустворки. Из аммонитов для низов свиты характерны *Zaraiskites pilicensis* (Mikh.), *Z. zarajskensis* (Mikh.), но в основном она охарактеризована *Virgatites* (в самых низах свиты – *V. gerassimovi* Mitta, *V. pusillus* (Mikh.), чуть выше – *V. virgatus* (Buch), *V. pallasianus* (d'Orb.), в большей части ее мощности распространены *V. rarecostatus* Rogov). Для свиты характерны гигантские (0,5 м и более в диаметре) мегаконхи *Virgatites giganteus* (Yakovl.). Из верхней части свиты указывались не изображенные находки *Epivirgatites*, а из верхневолжской части свиты г. Улаган – комплекс брахиопод *Russiella luna lata* Makrid., *R. royeriana tenuis* Makrid., *Rhynchonella rouillieri eltonica* Makrid., *Cyclothyris ulaganica* Makrid. Из двустворок наиболее часто встречаются *Buchia*, *Myophorella* и устрицы (в том числе приросшие к раковинам аммонитов). Из свиты указывается комплекс фораминифер с *Flabellamina lidiae* (Furs. et Pol.), *Lenticulina infravolgaensis* Furs. et Pol., *L. magna* Mjatl., *L. uralica* (Mjatl.).

Распространение. Свита широко распространена в Саратовском и Волгоградском Заволжье. Самые северные ее разрезы установлены на юге Самарской области (с учетом не опубликованных материалов Д. В. Варенова (СОИМК им. П. В. Алабина, г. Самара): с. Яблоновый овраг, п. Глушицкий, п. Аверьяновский), на юге свита выделяется вплоть до севера Прикаспийской синеклизы, где она достигает максимальной мощности. На восток свита прослеживается также в Оренбургской области, в бассейне рек Урал и Илек, где она залегает на кремнистой ащесайской свите и с размывом перекрывается валанжинским конгломератом.

Кашпирская свита

Автор: не указан.

Возраст: верхневолжский подъярус, зоны Fulgens–Nodiger.

Мощность. Мощности свиты составляет 3–9 м ([53, с. 166]).

Стратотип. Стратотип – классический разрез волжского яруса у с. Кашпир (городской округ Сызрань, Самарская область). Первоначально был указан только типовой разрез, но не стратиграфический интервал в нем. Предлагается рассматривать в качестве стратотипа сл. К4–К12 ([11]; переслаивание опоковидных песчаников, алевролитов и алевролитов общей мощностью до 3,5 м с многочисленными прослоями фосфоритовых конкреций).

История изучения свиты. Решение о названии свиты было принято на расширенном заседании бюро секции 15–18 марта и 26 апреля 1999 года (г. Саратов) и утверждено бюро РМСК 3 июня 1999 года со следующей формулировкой: «По Ульяновско-Саратовскому прогибу и Мелекесской впадине... Верхневолжские отложения выделить в самостоятельную кашпирскую свиту со стратотипом в неоднократно публиковавшемся классическом разрезе волжского яруса на правобережье Волги у пос. Кашпир Сызранского района Самарской области» [5, с. 37]. Ни автор, ни критерии проведения границ свиты, ни причины ее обособления указаны не были. При подготовке Унифицированной региональной схемы решением бюро РМСК свита была «упразднена... как излишний синоним верхней части ундорской свиты в ее первоначальном объеме» [7, с. 39]. В то же время существенное литологическое своеобразие кашпирской свиты и легкость ее определения в поле дают возможность выделять ее в качестве самостоятельного местного стратиграфического подразделения.

Литологическая характеристика. Свита представлена переслаиванием светло-серых опоковидных песчаников с более темными алевролитами и алевролитами. Очень характерны прослои фосфоритовых конкреций, которые встречаются по всей свите, в том числе в ее кровле и подошве, иногда образуя в кровле сплошную фосфоритовую плиту (мощностью до 0,1 м).

Границы. Нижняя граница свиты проводится по появлению кремнистых пород. Она, как правило, резкая, но биостратиграфически выраженный перерыв в основании свиты отсутствует или невелик (2–3 биогоризонта). Верхняя граница также резкая и повсеместно совпадает с достаточно крупным биостратиграфическим перерывом (1–2 зоны вблизи границы волжского и рязанского ярусов), она соответствует началу накопления жигулевской свиты, которая лишена характерных для кашпирской свиты многочисленных прослоев хорошо окатанных фосфоритов.

Палеонтологическая характеристика. Свита охарактеризована многочисленными находками



окаменелостей, которые нередко образуют ракушняки. Наиболее изучены из них аммониты, по которым для рассматриваемого интервала разработаны наиболее детальные инфразональные шкалы [54]. В низах свиты преобладают *Kachpurites*, выше – *Craspedites* и *Garniericeras*. В большом количестве встречаются белемниты, из которых для данной свиты наиболее характерны виды *Acroteuthis mosquensis* (Pavl.) и *Liobelus russiensis* (d'Orb.), также известные из верхней части средневожского подъяруса [55], относящейся к ундорской свите. Из двустворок наиболее типичны *Buchia unshensis* (Pavl.) и *B. terebratuloides* (Lah.), а также крупные *Anopaea* [55].

Распространение. Свита распространена локально на северо-западе Самарской области (Кашпир, Октябрьские Шиханы) и в районах Ульяновской области (Репьёвка, Марьевка).

Обсуждение результатов и выводы

Свиты верхней юры Среднего Поволжья, установленные в конце 1980-х – начале 2000-х годов, в дальнейшем широко использовались при подготовке к изданию листов госгеолкарты и вошли в Унифицированную региональную схему [7], но характеристика свит, критерии проведения их границ и особенности распространения на площади оставались до настоящего времени недостаточно ясными (зачастую для свит, выделенных в записке к Унифицированной стратиграфической схеме [2], приводились только сведения о расположении стратотипа). Негативную роль здесь сыграли такие обстоятельства, как отсутствие полноценного описания большинства свит при первоначальном установлении, сравнение с подстилающими и перекрывающими отложениями и указание на критерии проведения границ, а также сложившаяся практика совмещения границ свит с границами стратонев Общей стратиграфической шкалы. В результате, хотя названия свит широко использовались в геологической практике, не всегда можно было понять, почему тот или иной интервал разреза был отнесен к соответствующей свите и как он должен соотноситься с разновозрастными отложениями смежных районов. В данной статье все свиты описаны по единому шаблону с обязательным указанием их литологической и палеонтологической характеристик, критериев проведения границ и характерных маркирующих горизонтов внутри свит. Их границы проведены по наиболее ярким и хорошо прослеживаемым литологическим границам.

Поскольку разрезы верхней юры рассматриваемого региона, как правило, хорошо охарактеризованы находками окаменелостей (в том числе в керне скважин), появляется возмож-

ность выявить диахронность границ местных стратиграфических подразделений по отношению к наиболее детальным биостратиграфическим подразделениям (биогоризонтам). Данная диахронность связана как со скольжением фациальных границ во времени, так и с неравномерностью размыва кровли тех свит, которые перекрываются вышележащими отложениями с перерывом (это касается в первую очередь промзинской (костромской) и ундорской свит).

В то же время в позднеюрскую эпоху выровненность рельефа как на дне Среднерусского моря, так и на прилегающей суше привела к тому, что отдельные слои небольшой мощности могут прослеживаться на сотни километров и служить важными маркерами для датировки отложений. К таким широко прослеживаемым и легко опознаваемым прослоям относятся в первую очередь тонкие пласты черных сланцев в основании верхнего оксфорда, которые отмечаются от Московской и Костромской области на севере до южной части Татарстана на юге, в зоне *Mutabilis* нижнего кимериджа, и встречаются, по крайней мере, от Чувашии до Ульяновской области. Впрочем, не все интервалы с черными сланцами широко прослеживаются: прослой сланцев в зоне *Nikitini* и в низах рязанского яруса известны только в одном разрезе [56]. Из других важных литологических маркеров следует отметить характерные караваобразные конкреции мергеля, широко распространенные в Чувашии, Мордовии и Нижегородской области в пограничном интервале кимериджского и вожского ярусов, но в одних разрезах они приурочены к самым верхам кимериджа, а в других – к низам нижневожского подъяруса. На большое расстояние (от Нижегородской области на севере до Самарской области на юге) прослеживается тонкий (около 0,1 м) прослой сильнобиотурбированных глин, относящихся к верхнекимериджскому биогоризонту *volgae* [8]. Этот прослой имеет очень характерный «пятнистый» внешний вид и охарактеризован легко опознаваемыми аммонитами (самым поздним видом кардиоцератид *Nannocardioceras volgae*), что дает возможность отследить его в разрезах.

Наименьшая мощность разреза в целом и большинства свит наблюдается в северной части рассматриваемого региона, а максимальная – на юге, в Прикаспии (рис. 3). Наиболее ярко эта закономерность проявляется при рассмотрении средневожского интервала, в котором более чем на порядок возрастает мощность единственной свиты (промзинской), прослеживаемой на всей рассматриваемой территории, и еще в большей степени увеличивается мощность разновозрастных интервалов, представленных разными свитами (например, в случае ундорской и малоузенской свит).



Библиографический список

1. *Олферьев А. Г.* Стратиграфия юрских отложений Московской синеклизы // Юрские отложения Русской платформы (сборник научных трудов) / под ред. М. С. Месежников. Ленинград : Издательство ВНИГРИ, 1986. С. 48–61.
2. Объяснительная записка к Унифицированной стратиграфической схеме юрских отложений Русской платформы. Санкт-Петербург : Издательство ВНИГРИ, 1993. 72 с.
3. *Олферьев А. Г.* Юрские отложения Востока Русской платформы // Вопросы совершенствования стратиграфической основы фанерозойских отложений нефтегазоносных районов России. Санкт-Петербург : Издательство ВНИГРИ, 1997. С. 95–107.
4. *Прохорова Н. П., Левина В. И.* Местные стратиграфические подразделения верхней юры Прикаспийского региона // Недра Поволжья и Прикаспия. 2002. Вып. 30. С. 3–10.
5. Решение бюро секции юры и мела РМСК по центру и югу Русской платформы // Постановления МСК и его постоянных комиссий. 2006. Вып. 36. С. 35–54.
6. Решение расширенного заседания бюро РМСК от 27 марта 2012 г. // Бюллетень РМСК по центру и югу Русской платформы. 2012. Вып. 5. С. 22–24.
7. Унифицированная региональная стратиграфическая схема юрских отложений Восточно-Европейской платформы : Объяснительная записка. Москва : Издательство ПИН РАН – ФГУП «ВНИГНИ», 2012. 64 с.
8. *Рогов М. А., Савельева Ю. Н., Шурекова О. В.* Биостратиграфия верхней юры карьера Вала (Самарская Лука) по аммонитам, остракодам и диноцистам // Вестник СПбГУ. Сер. Науки о Земле. 2021. Т. 66, № 3. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2021.305>
9. *Рогов М. А., Щенетова Е. В.* Новые данные о седиментологии и биостратиграфии зоны *Eudoxus* верхнего киммериджа на границе Ульяновской области и Татарстана // Юрская система России : проблемы стратиграфии и палеогеографии : Четвертое всерос. совещание : научные материалы. Санкт-Петербург : ЛЕМА, 2011. С. 186–189.
10. *Rogov M. A.* A precise ammonite biostratigraphy through the Kimmeridgian-Volgian boundary beds in the Gorodischi section (Middle Volga area, Russia), and the base of the Volgian Stage in its type area // *Volumina Jurassica*. 2010. Vol. VIII. P. 103–130.
11. Граница юры и мела в Среднем Поволжье / М. А. Рогов, Е. Ю. Барабошкин, А. Ю. Гужиков [и др.]. Самара : Издательство ФГОБУ СамГТУ, 2015. 130 с.
12. *Рогов М. А.* Аммониты и инфразональное расчленение зоны *Dorsoplanites panderi* (волжский ярус, верхняя юра) Европейской части России // Доклады АН. 2013. Т. 451, № 4. С. 435–440. <https://doi.org/10.7868/s0869565213220210>
13. Отчет о комплексной групповой геологической, гидрогеологической и инженерно-геологической съемке масштаба 1:50 000 для целей мелиорации на Сурской оросительной системе (листы N-38-45-Г; -46-В; -57-Б; -58-А, -Б, -В, -Г; -59-А, -В; -70-Б; -71-А), выполненной Ульяновской геологопоисковой партией в 1982–1985 гг. / С. И. Кравцов, В. И. Стурман, Г. А. Жукова [и др.]. Ульяновск : Средне-Волжская геологоразведочная экспедиция, Ульяновская ГПП, 1987. 968 с.
14. *Кузьмин А. Н., Вукс В. Я.* Юрская система // Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Серия Центрально-Европейская. Лист N-38 – Пенза : Объяснительная записка. СПб. : Издательство ВСЕГЕИ, 2019. С. 101–115.
15. *Герасимов П. А., Казаков М. П.* Геология юго-восточной части Горьковской области, МАССР и ЧАССР // Труды / Московское геологическое управление. 1939. Вып. 29. С. 1–119.
16. *Сазонов Н. Т.* Юрские отложения Центральных областей Русской платформы. Л. : Гостоптехиздат, 1957. 155 с.
17. *Бушнев Д. А., Щенетова Е. В., Льюров С. В.* Органическая геохимия оксфордских высокоуглеродистых отложений Русской плиты // Литология и полезные ископаемые. 2006. № 5. С. 1–14.
18. *Głowniak E., Kiselev D. N., Rogov M., Wierzbowski A., Wright J.* The Middle Oxfordian to lowermost Kimmeridgian ammonite succession at Mikhalenino (Kostroma District) of Russian Platform, and its stratigraphical and palaeogeographical importance // *Volumina Jurassica*. 2010. Vol. VIII. P. 8–45.
19. *Захаров В. А., Рогов М. А., Щенетова Е. В.* Черносланцевые эпизоды в верхней юре – основании мела на территории Центральной России // Юрская система России : проблемы стратиграфии и палеогеографии : VII всерос. совещание : научные материалы. Москва : ГИН РАН, 2017. С. 57–63.
20. *Hantzpergue P., Baudin F., Mitta V., Olfieriev A., Zakharov V.* The Upper Jurassic of the Volga basin: ammonite biostratigraphy and occurrence of organic-carbon rich facies. Correlations between boreal-subboreal and submediterranean provinces // *Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle*. 1998. T. 179. P. 9–33.
21. *Rogov M. A., Wierzbowski A., Shchepetova E.* Ammonite assemblages in the Lower to Upper Kimmeridgian boundary interval (*Cymodoce* to *Mutabilis* zones) of Tatarstan (central European Russia) and their correlation importance // *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen*. 2017. Vol. 285, № 2. P. 161–185. <https://doi.org/10.1127/njgpa/2017/0675>
22. *Ippolitov A. P., Berezin A. Yu., Rogov M. A., Desai B. G.* The first record of Late Jurassic megateuthidid belemnites: *Chuvashiteuthis aenigmatica* gen. et sp. nov. from the Upper Kimmeridgian of Central Russia // *Bulletin of Geosciences*. 2017. Vol. 92. P. 357–372. <https://doi.org/10.3140/bull.geosci.1655>
23. *Зорина С. О.* Стратиграфия средне- и верхнеюрских отложений востока Русской плиты // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т. 15, № 3. С. 32–41.
24. *Захаров В. А.* Позднеюрские и раннемеловые двустворчатые моллюски севера Сибири и условия их существования. Ч. II. Сем. *Astartidae* // Труды / ИГиГ СО АН СССР. 1970. Вып. 113. С. 1–144.
25. *Месежников М. С.* Киммериджский и волжский ярусы севера СССР. Ленинград : Недра, 1984. 224 с.
26. Атлас моллюсков и фораминифер морских отложений верхней юры и неокома Западно-Сибирской нефтегазоносной области : в 2 т. Т. I. Стратиграфический очерк. Моллюски / Н. П. Вячкилева, И. Г. Климова, А. С. Турбина [и др.]. Москва : Недра, 1990. 286 с.
27. *Рогов М. А.* Ассоциации моллюсков позднеюрского



- моря Восточно-Европейской платформы // Труды / ГИН РАН. 2005. Вып. 516. С. 178–199.
28. *Бакин Н. А., Шиндяпин П. Н.* Результаты геологической съемки, произведённой в окрестностях оз. Эльтон // Учёные записки / СГУ. 1935. Т. XIII, вып. 2. С. 67–90.
29. *Рогов М. А.* Новые данные об аммонитах и стратиграфии верхнекимериджских и волжских отложений Белгородской области // Бюллетень РМСК по центру и югу Русской платформы. 2015. Вып. 6. С. 77–83.
30. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист М-38 – Волгоград : Объяснительная записка. Санкт-Петербург : Картофабрика ВСЕГЕИ, 2009. 399 с.
31. *Блом Г. И., Кузнецова К. И., Месежников М. С.* Пограничные слои юры и мела в Среднем Поволжье и Рязанской области. Экскурсия 060 // 27-й МГК, Москва, 1984. Центральные районы Европейской части РСФСР. Сводный путеводитель экскурсий 059, 060, 066. Москва : Наука, 1984. С. 38–49.
32. *Rogov M. A.* The Russian Platform as a key region for Volgian/Tithonian correlation: A review of the Mediterranean faunal elements and ammonite biostratigraphy of the Volgian stage // *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*. 2004. Vol. 110, № 1. P. 321–328.
33. *Рогов М. А.* Стратиграфия нижневолжских отложений Русской плиты и их корреляция с титонем // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2002. Т. 10, № 4. С. 35–51.
34. *Тесакова Е. М., Рогов М. А.* Палеоэкологический анализ верхнеюрских ассоциаций остракод и аммонитов Поволжья (разрез Городищи) // Проблемы региональной геологии : музейный ракурс / ред. Г. В. Калабин, З. А. Бесуднова, М. Н. Кандинов, И. А. Стародубцева. Москва : Акрополь, 2004. С. 182–184.
35. *Rogov M., Schepetova E., Ustinova M., Price G. D., Guzhikov A., Pimenov M., Dzyuba O.* A multi-proxy study of the Kimmeridgian / Volgian boundary beds in the Gorodischi section (Middle Volga area, Russia), the lectostratotype of the Volgian Stage // *Volumina Jurassica*. 2006. Vol. IV. P. 208–210.
36. *Ruffell A. H., Price G. D., Mutterlose J., Kessels K., Baraboshkin E., Gröcke D. R.* Palaeoclimate indicators (clay minerals, calcareous nannofossils, stable isotopes) compared from two sections in the late Jurassic of the Volga Basin (SE Russia) // *Geol. J.* 2002. Vol. 37. P. 17–33. <https://doi.org/10.1002/gj.903>
37. *Даун Л. Г., Кузнецова К. И.* Фораминиферы стратотипа волжского яруса // Труды / ГИН АН СССР. 1976. Вып. 290. С. 1–182.
38. *Colpaert C., Pestchevitskaya E. B., Nikitenko B. L.* Upper Jurassic foraminifera, dinoflagellates and terrestrial sporomorphs from the Gorodischi Section (Ulyanovsk Region, East European Platform, Russia): Biostratigraphic, palaeoenvironmental and palaeobiogeographical implications // *Revue de micropaleontology*. 2017. Vol. 60. P. 549–572. <https://doi.org/10.1016/j.revmic.2017.10.001>
39. *Пецевичская Е. Б.* Палиностратиграфия и палеообстановки в разрезе Городищи (Среднее Поволжье, кимеридж-готерив) // Геология и геофизика. 2021. <https://doi.org/10.15372/GiG2019174>
40. *Букина Т. Ф.* Седиментогенез и ранний литогенез верхнеюрских сланценосных отложений центральной части Волжского бассейна. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2013. 128 с.
41. *Гаврилов Ю. О., Щенетова Е. В., Рогов М. А., Щербинина Е. А.* Седиментология, геохимия и биота волжских углеродистых отложений северной части Среднерусского моря (Костромская область) // Литология и полезные ископаемые. 2008. № 4. С. 396–424.
42. *Кулёва Г. В., Яночкина З. А., Букина Т. Ф., Иванов А. В., Барышникова В. Н., Троицкая Е. А., Ерёмин В. Н.* Разрез верхнеюрских сланценосных отложений Волжского бассейна (зона *Dorsoplanites panderi*) // Труды / НИИГ СГУ. 2004. Т. XVII. С. 1–110.
43. *Страхов Н. М.* Горючие сланцы зоны *Perisphinctes Panderi d'Orb.* (Очерк литологии) // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 1934. Т. XII, вып. 2. С. 200–250.
44. *Рогов М. А., Киселев Д. Н., Щенетова Е. В.* Стратиграфия келловоя и верхней юры Оренбургской области: новые биостратиграфические результаты и предложения по свитному делению // Бюллетень РМСК по центру и югу Русской платформы. 2012. Вып. 5. С. 129–137.
45. *Месежников М. С., Алексеев С. Н., Джиноридзе Н. М., Краснов С. Г., Яковлева С. П.* Волжские отложения озера Индер // Доклады АН СССР. 1987. Т. 292, № 3. С. 685–689.
46. *Блом Г. И.* О верхневолжских отложениях Горьковского Поволжья (район д. Исады и с. Просека) // Доклады АН СССР. 1951. Т. LXXXI, № 3. С. 443–444.
47. *Гурвич А. А.* Стратиграфия и фауна верхнеюрских отложений окрестностей с. Орловки // Учёные записки / СГУ. 1951. Т. XXVIII. С. 226–255.
48. *Мозговой В. В., Чернышков В. П.* Новые данные о верхнеюрских отложениях Оренбургского Приуралья // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Вып. 5, ч. 1. Мезозой. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1969. С. 97–99.
49. *Кузнецова А. М., Курлаев В. И., Николаева В. П.* К стратиграфии юрских и нижнемеловых отложений верховий рек Большого и Малого Узеней // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Вып. 2, ч. II. Осадочные породы и связанные с ними полезные ископаемые. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1964. С. 128–136.
50. *Киселев Д. Н., Рогов М. А., Захаров В. А.* Зона *Volgidiscus singularis* терминальной части волжского яруса европейской части России и её значение для межрегиональной корреляции и палеогеографии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2018. Т. 26, № 2. С. 87–114. <https://doi.org/10.7868/s0869592x18020059>
51. *Барабошкин Е. Ю., Архангельский М. С., Гужиков А. Ю., Иванов А. В., Первушов Е. М., Сельцер В. Б.* О строении волжского яруса в окрестностях г. Саратова // Труды / НИИГ СГУ. Новая серия. 2001. Т. VIII. С. 62–68.
52. *Зиновьев М. С.* Позднеюрские двустворчатые моллюски района озера Эльтон. Харьков : Вища Школа, 1976. 92 с.
53. *Сазонова И. Г., Сазонов Н. Т.* Палеогеография Русской платформы в юрское и раннемеловое время // Труды / ВНИГНИ. 1967. Вып. 62. С. 1–260.
54. *Рогов М. А.* Аммониты и инфразональная стратиграфия кимериджского и волжского ярусов юга Московской синеклизы // Труды / ГИН РАН. 2017. Т. 615. С. 7–160.



55. *Dzyuba O. S., Urman O. S., Shurygin B. N.* Belemnites and bivalves from the Jurassic-Cretaceous boundary interval of the Kashpir section, Middle Volga Basin, Russia : implications for biostratigraphy and panboreal correlation // The International Scientific Conference on the Jurassic/Cretaceous boundary : Proceedings volume. Togliatti : Kassandra, 2015. P. 36–41.

56. *Rogov M. A., Shchepetova E. V., Zakharov V. A.* Late Jurassic – earliest Cretaceous prolonged shelf dysoxic–anoxic event and its possible causes // Geological Magazine. 2020. Vol. 157. P. 1622–1642. <https://doi.org/10.1017/S001675682000076X>

57. *Сибирцев Н. М.* Заметка о юрских образованиях в северной части Нижегородской губернии (Макарьевском, Семеновском и Балахнинском уездах) // Записки / СПб Минералогического общества, серия 2. 1886. Ч. XXIII. С. 72–81.

58. Новые данные по стратиграфии юрских отложений Среднего Поволжья по результатам комплексного изучения разреза опорной скважины №120 // Вопросы стратиграфии фанерозоя Поволжья и Прикаспия / Э. А. Молостовский, А. Б. Богачкин, Л. В. Гребенюк [и др.] ; ред. А. В. Иванов, В. А. Мусатов. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2004. С. 155–168.

Поступила в редакцию 09.03.2021, после рецензирования 07.04.2021, принята к публикации 15.05.2021
Received 09.03.2021, revised 07.04.2021, accepted 15.05.2021



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 209–217
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 209–217
<http://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-209-217>

Научная статья
УДК 553.98

Исследование масштабного эффекта пористости и анизотропии упругих свойств в образцах известняков башкирского яруса



Д. И. Хасанов, О. Ю. Андрушкевич, М. А. Лоншаков✉

Казанский федеральный университет, Россия, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Хасанов Дамир Ирекович, кандидат геолого-минералогических наук, damir.khassanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8168-3848>

Андрушкевич Олег Юрьевич, заведующий лабораторией пробоподготовки Института геологии и нефтегазовых технологий, gemmaol@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0099-5397>

Лоншаков Марат Андреевич, магистрант, maratlonsh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0439-7514>

Аннотация. В статье представлена методика определения элементарного представительного объема интервала керна длиной 1 м по данным пористости. Проанализирована литература, посвященная изучению основных факторов, влияющих на упругие свойства карбонатных пород. Рассмотрены понятия аддитивности и неаддитивности физических свойств горных пород. Применена методика отбора образцов стандартного размера в трех взаимоперпендикулярных направлениях относительно слоистости для оценки анизотропии упругих свойств интервала керна по значениям модуля Юнга и скорости распространения продольных волн. Представлено сравнение значений коэффициента открытой пористости однометрового интервала керна в форме параллелепипеда, установленных по данным пористости образцов первоначального размера и образцов объемом 133 см³. Проанализированы особенности проявления масштабного эффекта в образцах известняков башкирского яруса, расположенных на разных глубинах.

Ключевые слова: представительный элемент объема (элементарный представительный объем), межформенная пористость, каверна, стилолитовый шов, коэффициент открытой пористости, масштабный эффект, метод жидкостенасыщения, образец керна стандартного размера, пакстоун

Для цитирования: Хасанов Д. И., Андрушкевич О. Ю., Лоншаков М. А. Исследование масштабного эффекта пористости и анизотропии упругих свойств в образцах известняков башкирского яруса // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 209–217. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-209-217>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

The investigation of the porosity scale effect and elastic anisotropy in Bashkirian limestones

D. I. Khassanov, O. Yu. Andruskevich, M. A. Lonshakov✉

Kazan Federal University, 18 Kremlyovskaya St., Kazan 420008, Russia

Damir I. Khassanov, damir.khassanov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8168-3848>

Oleg Yu. Andruskevich, gemmaol@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0099-5397>

Marat A. Lonshakov, maratlonsh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0439-7514>

Abstract. The article presents the methodology of the representative elementary volume definition for 1 m long whole core segments. Scientific articles focused on factors controlling elastic properties are analysed. Terms of additivity and nonadditivity for physical properties of rocks are discussed. The algorithm of core sampling including drilling out of three perpendicular core samples for estimation of elastic anisotropy was used. Porosity values of 1 m long whole core fragment evaluated in two ways using original core samples in the first approach and core samples having volume 133 cm³ in the second way have been compared. Peculiarities of scale effect of porosity in core samples of limestones are analysed.

Keywords: representative elementary volume, intergranular porosity, cavern, stylolite, connected porosity, scale effect, buoyancy method, core plug, packstone

For citation: Khassanov D. I., Andruskevich O. Yu., Lonshakov M. A. The investigation of the porosity scale effect and elastic anisotropy in Bashkirian limestones. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2021, vol. 21, iss. 3, pp. 209–217 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-3-209-217>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)



Введение

Актуальность рассматриваемой проблемы заключается в том, что масштабный фактор (размер образца керна) оказывает влияние на результаты определения пористости и упругих характеристик горных пород в лабораторных условиях. Данный феномен называется масштабным эффектом [1, 2]. Необходимо отметить, что пористость – аддитивное свойство, в то время как основные упругие характеристики, такие как скорость продольных и поперечных волн, модуль Юнга, являются неаддитивными свойствами, а следовательно, зависят от направления выбуривания образцов и характеризуются анизотропией [3, 4]. Пренебрежение масштабным эффектом и анизотропией упругих свойств может привести к возникновению ошибок при установлении зависимости между модулем Юнга и пористостью для изучаемых образцов керна [5]. Более того, результаты определения пористости непредставительных образцов могут оказаться недостоверными и, как следствие, недостаточно точными для построения петроупругих моделей [6].

Цель данной статьи заключается в определении элементарного представительного объема интервала известняков башкирского яруса длиной 1 м по коэффициентам открытой пористости кернов разного размера с дальнейшим изучением упругой анизотропии при использовании этих образцов стандартного размера. Понятие элементарного представительного объема, применяемое в данной статье для пористости, детально рассмотрено в работе [3].

Модули Юнга и сдвига, а также коэффициент Пуассона могут быть определены как динамическим методом, основанным на распространении ультразвуковых волн в горных породах, так и статическим, суть которого заключается в деформировании образца внешними нагрузками, характеризующимися фиксированным давлением [7]. В настоящее время динамический метод более распространен, однако в отдельных случаях обязательным является определение статических упругих характеристик, к примеру при создании оптимального дизайна гидроразрыва пласта [8].

Корректная оценка результатов лабораторного определения скорости распространения продольных и поперечных волн в образцах горных пород возможна при учете основных параметров, влияющих на упругие свойства. Детальный анализ таких факторов приведен в работе [9]. Очевидно, что пористость является важнейшим физическим параметром, определяющим изменение скорости распространения волн в породах-коллекторах. Однако пустотное пространство карбонатных пород, рассматриваемых в данной статье, отличается большим разнообразием, может быть как первичным,

так и вторичным [10]. По этой причине даже при равных значениях пористости двух образцов карбонатных пород скорость распространения волн может значительно различаться. К примеру, скорость распространения упругих волн в образцах карбонатных пород, характеризующихся вторичной пористостью, образованной за счет выщелачивания раковин морских животных, намного больше скорости распространения волн в образцах карбонатных пород с межформенным поровым пространством [9].

Алгоритм исследования упругой анизотропии горных пород представлен в работе [11]. Цилиндрические образцы высотой 60 мм и диаметром 30 мм были отобраны из зон однородности полноразмерных кернов в трех взаимоперпендикулярных направлениях. Для каждого полноразмерного керна и выбуренных из него образцов была определена скорость распространения продольных и поперечных волн. Сравнение полученных значений позволит сделать вывод о наличии/отсутствии упругой анизотропии. Рассмотренный алгоритм применяется в данной статье.

Объект исследования

Объектом исследования является интервал керна длиной 1 м, отобранный на глубинах 976.0–977.0 м скважины № А месторождения N Республики Татарстан. Изучаемый интервал представлен известняками башкирского яруса. По итогам микроскопического исследования образцов в шлифах был установлен литотип известняков – пакстоун [12].

Значения пористости, рассчитанные по данным метода нейтронного гамма-каротажа (НГК), варьируются от 10.5 до 19.9 %.

Методика исследования

На первом этапе работ было проведено литолого-минералогическое исследование интервала керна длиной 1 м с дальнейшим отбором четырех образцов известняков в форме параллелепипеда. На втором этапе были установлены коэффициенты открытой пористости проэкстрагированных образцов керна разного размера методом жидкостенасыщения при использовании установки «Напор-РМ», согласно ГОСТ 26450.1-85 [13]. На третьем этапе в цилиндрических образцах стандартного размера (высотой и диаметром 3 см) определялась скорость распространения продольных и поперечных волн, а также значения коэффициента Пуассона и динамического модуля Юнга с помощью установки «ПИК-УЗ-УЭС-ПЛ» (частота излучения 1 МГц).

Информация о четырех отобранных образцах представлена в табл. 1.

В ходе исследования происходило постепенное уменьшение высоты первоначальных образ-



Таблица 1

Информация о четырех отобранных образцах первоначального размера

Номер образца	Параллелепипед				Интервал глубин, м	
	высота, см	длина основания, см	ширина основания, см	объем, см ³		
1	11.678	4.591	4.2	225.178	976.100	976.217
2	13.175	4.871	4.307	276.404	976.270	976.399
3	19.407	3.937	4.243	324.188	976.499	976.693
4	16.227	5.996	4.592	446.788	976.793	976.955

цов в форме параллелепипеда. На каждом этапе данной работы определялись коэффициенты открытой пористости образцов разного объема, который варьировал от 66.8 до 446.7 см³. Отбор образцов стандартного размера проводился из отдельных фрагментов в форме параллелепипеда высотой не менее 4.5 см в трех взаимоперпендикулярных направлениях относительно горизонтальной слоистости:

- 1) параллельно слоистости в направлении № 1;
- 2) параллельно слоистости в направлении № 2;
- 3) перпендикулярно слоистости в направлении № 3 (рис. 1).

Определение значений модуля Юнга и коэффициента Пуассона для образцов зерна стандартного размера, выбуренных в разных направлениях, позволит изучить анизотропию упругих свойств в рассматриваемом интервале.

Расчет коэффициента открытой пористости интервала зерна в форме параллелепипеда длиной 1 м со средней площадью основания 21 см² был проведен двумя способами:

- 1) по данным пористости образцов в форме параллелепипеда первоначального размера (эталонное значение);
- 2) по данным пористости образцов в форме параллелепипеда, средний объем которых равен 133 см³.

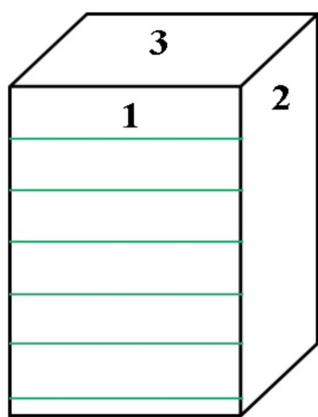


Рис. 1. Схематическое представление направлений выбуривания образцов стандартного размера из фрагментов параллелепипеда. Зелеными линиями на фронтальной стороне параллелепипеда представлены горизонтальные слои: направления выбуривания № 1 и № 2 расположены параллельно слоистости, направление № 3 – перпендикулярно слоистости (цвет онлайн)

Практические результаты

Результаты определения значений коэффициента открытой пористости интервала зерна по данным пористости $\varphi_{\text{con}} = K_{\text{о.п}}$ двух выборок представлены в табл. 2. С целью установления методов осреднения значений пористости образцов для каждой выборки был рассчитан коэффициент Дикстра–Парсонса V_k [14]. Следует отметить, что объем указанного в выборке № 2 фрагмента № 4.4 немного больше 133 см³, что объясняется отсутствием меньших фрагментов образца № 4. Согласно табл. 2, значения коэффициента открытой пористости интервала зерна длиной 1 м, рассчитанные по пористости образцов первоначального размера и объемом (средним) 133 см³, практически эквиваленты.

Установленные коэффициенты открытой пористости образцов разного размера в форме параллелепипеда представлены на рис. 2. В результате анализа полученной диаграммы были сделаны следующие выводы.

1. Заниженные коэффициенты открытой пористости фрагментов № 1.3, 1.4 по сравнению с пористостью цельного образца № 1 объясняются сокращением межформенного порового пространства вследствие уменьшения объема образцов. Высокая пористость фрагмента № 1.2 связана с распространением в нем пустот неправильной формы диаметром 2–3 мм (рис. 3). Емкость образца № 1 определяется кавернами и межформенными порами.

2. Исследование фрагмента № 2.3 позволило установить наличие довольно больших пустот диаметром 2–3 мм (каверн) (рис. 4). Увеличение размеров фрагментов значительно компенсирует влияние отдельных пустот в больших объемах за счет вклада межформенной пористости, что приводит к постепенному уменьшению коэффициентов открытой пористости фрагмента № 2.2 и целого образца № 2. Емкость порового пространства образца № 2 определяется кавернами и межформенными порами.

3. Во фрагментах № 3.6 и 3.7, являющихся двумя равными частями фрагмента № 3.5 и представленных на рис. 5, отчетливо проявляются стилолитовые швы с частичным заполнением глинистым материалом. Резкое уменьшение пористости фрагментов № 3.6, 3.7 по сравнению с фрагментом № 3.5, вероятно, связано с тем, что больший фрагмент был разделен параллельно



Таблица 2

Коэффициент открытой пористости интервала керна длиной 1 м, рассчитанный по данным пористости

Номер выборки	Номер образца (фрагмента)	Интервал глубин, м		Объем, см ³	V_k	Метод осреднения	$\varphi_{\text{сop}}$ интервала керна, %
		от	до				
1	1	976.100	976.217	225.178	0.74	Гармонический	11.68
	2	976.270	976.399	276.404			
	3	976.499	976.693	324.188			
	4	976.793	976.955	446.788			
2	1.2	976.100	976.172	137.868	0.30	Геометрический	11.63
	2.3	976.270	976.332	130.702			
	3.5	976.499	976.579	133.638			
	4.4	976.793	976.858	179.877			

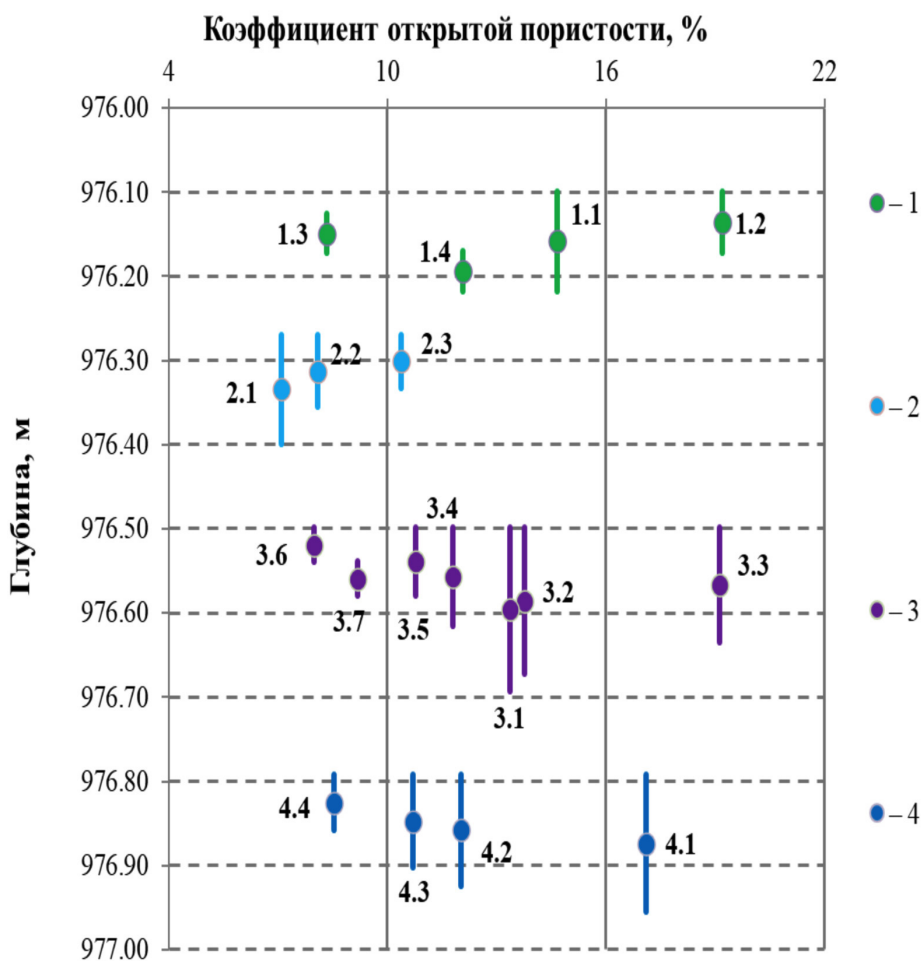


Рис. 2. Диаграмма изменения коэффициентов открытой пористости в зависимости от размеров образца. Номера точек соответствуют первоначальным образцам № 1–4 (обозначены как 1.1, 2.1, 3.1, 4.1) и их фрагментам разного размера (1.2, 2.2 и т.д.), длины которых по глубине отображены вертикальными цветными линиями. Цвета точек, обозначающих образцы и их фрагменты, представлены справа от графика (к примеру, образец 1 и его фрагменты обозначены зелеными точками). Вертикальный масштаб диаграммы 1:8 (цвет онлайн)

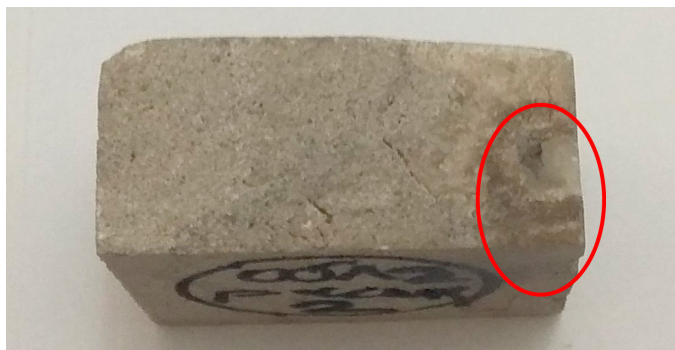


Рис. 3. Фрагмент образца № 1. Красным цветом выделена каверна диаметром 2–3 мм (цвет онлайн)



Рис. 4. Образец № 2 (а) и его фрагмент № 2.3 (б). Во фрагменте отчетливо проявляются пустоты (выделены красным) диаметром 2–3 мм (цвет онлайн)



Рис. 5. Фрагменты № 3.5 (слева) и № 3.6 (справа). Во фрагменте № 3.6 хорошо прослеживается стилолитовый шов с глинистым заполнением (цвет онлайн)

слоистости по стилолитовому шву (см. рис. 5), который вносил значительный вклад в емкость порового пространства фрагмента № 3.5.

Отсутствие видимых крупных трещин и стилолитовых швов в отдельных фрагментах известняков на глубинах 976.58–976.69 м (рис. 6) позволяет сделать вывод о росте межформенной пористости с увеличением объема рассматриваемого фрагмента. Высокая пористость фрагмента № 3.3 объясняется присутствием локальных каверн, что подтверждается более низкими значениями пористости фрагментов № 3.4, 3.5. В случае наличия довольно длинных макротрещин

во фрагментах № 3.3, 3.4 их показания были бы более сопоставимыми.

4. Трещиноватость и кавернозность верхней части цельного образца № 4 уменьшается с глубиной, что отчетливо проявляется при сравнении фрагмента № 4.4 (интервал 976.79–976.86 м) и фрагментов образца № 4 в интервалах 976.86–976.96 м (рис. 7).

Протяженность трещин во фрагменте № 4.4 составляет 5–6 см, диаметр каверн достигает 1–2 мм, однако пористость фрагмента № 4.4 значительно ниже, чем фрагментов № 4.1–4.3, следовательно, емкость порового простран-

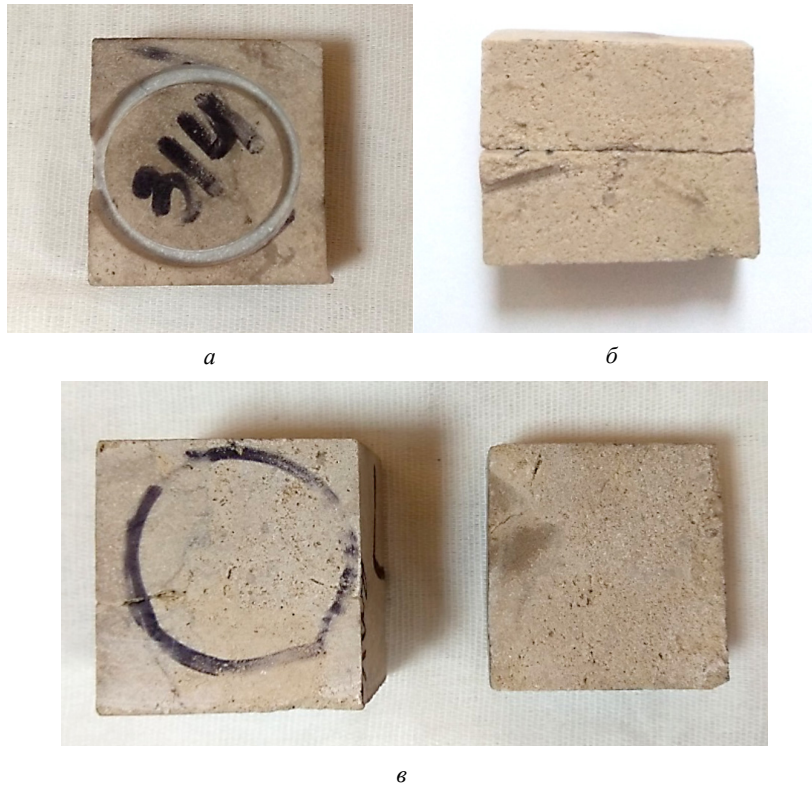


Рис. 6. Отдельные фрагменты образца № 3 на глубинах 976.58–976.69 м. Фрагмент (а), разделенный на две части перпендикулярно напластованию (б), позволяет судить об отсутствии стилолитовых швов и макротрещин по аналогии с фрагментом (в) (цвет онлайн)



Рис. 7. Фрагмент № 4.4 в разрушенном состоянии: вид сверху (а) и сбоку (б). Фрагменты образца № 4 (в), (г) в интервале 976.86–976.96 характеризуются отсутствием макротрещин и крупных каверн (цвет онлайн)



ства целого образца № 4 определяется не трещинами, а главным образом межформенными порами, количество которых растет с увеличением объема фрагмента.

Элементарный представительный объем интервала керна (первоначальный объем параллелепипеда 2112.49 см³) был определен по графику зависимости коэффициента открытой пористости от объема образца (рис. 8). Коэффициенты открытой пористости фрагментов А–Г, объем которых превышает 446.788 см³ (табл. 3), были определены аналитическим способом по данным пористости образцов разного размера. Данные фрагменты являются расчетными («гипотетическими») объемами интервала керна с площадью основания 21 см², объединяющими в себе фрагменты, представленные на рис. 2. Анализ флуктуации кривой средних значений пористости, установленных для каждого рассматриваемого объема, позволил установить интервал минимальных изменений пористости, находящийся в диапазоне от 776 до 2112 см³. Следовательно, минимальный представительный объем равен 776 см³, что соответствует образцу в форме параллелепипеда высотой 36 см с площадью основания 21 см².

Результаты определения упругих свойств образцов стандартного размера № I–VIII, выбуренных в разных направлениях, представлены в табл. 4. Следует отметить, что глубина отбора каждого образца приурочена к середине его высоты. Анализ полученных данных позволил сделать следующие выводы.

1. Разность скоростей продольных волн и значений модуля Юнга для образцов № I, II, отобранных в направлениях № 1 и 2, равна соответственно 14.97 м/с и 11.59 ГПа.

2. Разность скоростей продольных волн и значений модуля Юнга для образцов № II, III, отобранных в направлениях № 2, 3, равна соответственно 349.12 м/с и 5.03 ГПа.

3. Разность скоростей продольных волн и значений модуля Юнга для образцов № IV, V, отобранных в направлениях № 2, 3, равна соответственно 930.06 м/с и 31.06 ГПа.

4. Разность скоростей продольных волн и значений модуля Юнга для образцов № V, VI, отобранных в направлениях № 2, 3, равна соответственно 179.04 м/с и 8.47 ГПа.

5. Разность скоростей продольных волн и значений модуля Юнга для образцов № VI, VII, отобранных в направлениях № 1, 3, равна соответственно 319.61 м/с и 6.17 ГПа.

Таблица 3

Объемы фрагментов А–Г

Фрагмент	Объем, см ³
А	457.213
В	560.492
С	776.186
Д	1082.429
Е	1332.507
Ф	1461.660
Г	1779.484

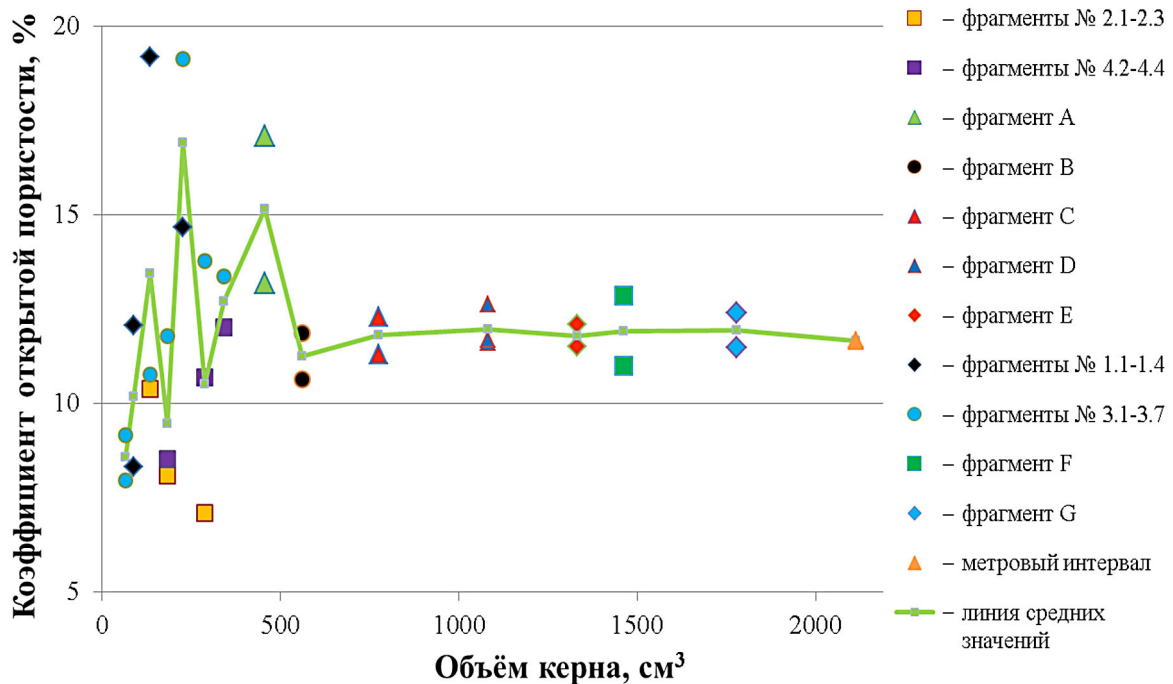


Рис. 8. График зависимости коэффициента открытой пористости от объема образца для интервала 976.0–977.0 м (цвет онлайн)



Коэффициент латеральной анизотропии был рассчитан как отношение модулей Юнга, определенных в направлениях № 1, 2, коэффициент вертикальной анизотропии – как отношение модулей Юнга, определенных в направлениях № 1, 3 или № 2, 3 [3, 15]. Полученные результаты представлены в табл. 5. Очевидно, что в случае минимальной анизотропии упругих характеристик коэффициент стремится к единице. Чем меньше коэффициент анизотропии, тем больше различия

между модулями Юнга по разным направлениям и, следовательно, тем больше неоднородность образца. Согласно табл. 5, латеральная анизотропия керна на глубинах 976.127–976.217 м выражена слабо, вертикальная анизотропия на всем интервале весьма значима (средняя анизотропия). Наличие упругой анизотропии связано с неоднородностью порового пространства, проявляющейся, как это было доказано, вследствие локального расположения каверн, стилолитовых швов.

Таблица 4

Упругие свойства образцов стандартного размера № I–VIII

№	Направление выбуривания	Глубина, м	Скорость продольной волны, м/с	Скорость поперечной волны, м/с	Модуль Юнга, ГПа	Коэффициент Пуассона, д.е.
I	1	976.15	5087.72	2526.62	38.73	0.336
II	2	976.19	5102.69	2876.22	50.32	0.267
III	3	976.29	5451.81	2730.02	45.29	0.333
IV	3	976.32	5565.82	3287.86	67.66	0.232
V	2	976.52	4635.76	2486.68	36.6	0.298
VI	3	976.60	4456.72	3130.66	45.07	0.013
VII	1	976.65	4776.33	2501.89	38.9	0.31
VIII	1	976.88	5427.25	3001.28	56.95	0.279

Таблица 5

Коэффициенты латеральной и вертикальной анизотропии

Отношение направлений	Латеральная анизотропия, д.е.	Вертикальная анизотропия, д.е.	Глубины расположения образцов, м
1/2	0.770	–	976.127–976.217
2/3	–	1.111	976.171–976.301
2/3	–	0.541	976.301–976.539
2/3	–	0.812	976.499–976.614
1/3	–	0.863	976.579–976.672

Заключение

Результаты исследования образцов разного размера позволили установить, что проявление масштабного эффекта пористости в известняках башкирского яруса на глубинах 976.0–977.0 м связано с наличием локальных пустот диаметром 2–3 мм (каверн) и трещин длиной до 4–5 см в образцах небольшого объема, влияние (вклад) которых уменьшается по мере увеличения линейных размеров кернов, что было показано на общем графике зависимости коэффициента открытой пористости от объема образца.

Значения открытой пористости интервала керна в форме параллелепипеда длиной 1 м при площади основания 22 см², установленные по данным пористости параллелепипедов первоначального размера и образцов объемом 133 см³, практически совпадают, что объясняется сильной неоднородностью порового пространства образцов любого размера. Другими словами, образцы объемом 133 см³ расположены в зонах

неоднородности, следовательно, довольно точно отображают поровое пространство всего интервала.

Исследование репрезентативного образца керна минимального объема, равного 776 см³, позволит с высокой точностью определить достоверную пористость метрового интервала известняков башкирского яруса методом жидкостенасщения.

Значения модулей Юнга свидетельствуют о значительной вертикальной анизотропии упругих свойств на всем интервале керна, связанной с неоднородностью порового пространства.

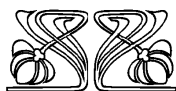
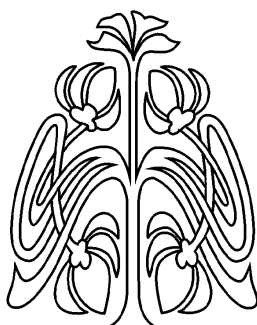
Библиографический список

1. Гурбатова И. П., Кузьмин В. А., Михайлов Н. Н. Влияние структуры порового пространства на масштабный эффект при изучении пористости сложнопостроенных карбонатных коллекторов // Геология нефти и газа. 2011. № 2. С. 74–82.
2. Гурбатова И. П., Михайлов Н. Н. Масштабные и анизотропные эффекты при экспериментальном опреде-

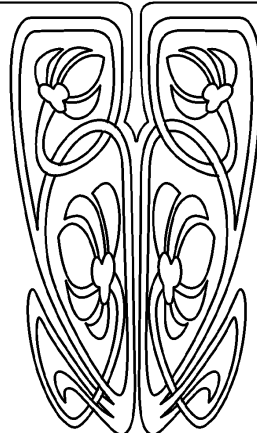


- лении физических свойств сложнопостроенных коллекторов // НТВ Каротажник. 2011. № 7. С. 138–145.
3. Гурбатова И. П., Еникеев Б. Н., Михайлов Н. Н. Элементарный представительный объем в физике пласта. Ч. 1. Основные положения и их физическая интерпретация // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2018. № 6. С. 62–68.
4. Дортман Н. Б. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика) : справочник геофизика. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Недра, 1984. 455 с.
5. Батулин Ю. Е. Проектирование и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений Западной Сибири : в 2 кн. Кн. 2. Разработка месторождений. Тюмень : ТИУ, 2016. 205 с.
6. Гасеми М. Ф., Баюк И. О. Петроупругое моделирование карбонатных пород : обзор некоторых методов теории эффективных сред и аспектов их применимости // Экспозиция Нефть Газ. 2018. № 5 (65). С. 21–25
7. Фролова Ю. В., Патрушева Н. А. Сравнительный анализ статистического и динамического модулей упругости гранитов и гнейсов Алданского щита // СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. 2016. № 18. С. 100–105.
8. Haimson B., Fairhurst C. Hydraulic fracturing in porous permeable materials // Journal of Petroleum Technology. 1969. Vol. 21, № 7. P. 811–817.
9. Eberli G. P., Baechle G. T., Anselmetti F. S., Incze M. L. Factors Controlling Elastic Properties in Carbonate Sediments and Rocks. The Leading Edge, 2003. P. 665–660.
10. Недолишко Н. М., Ежова А. В. Петрографические исследования терригенных и карбонатных пород-коллекторов : учеб. пособие. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2012. 172 с.
11. Тихоцкий С. А., Фокин И. Л., Баюк И. О., Белобородов Д. Е., Березина И. А. Комплексные лабораторные исследования керна в ЦПГИ ИФЗ РАН // Наука и технологические разработки. 2017. Т. 96, № 2. С. 17–32.
12. Dunham R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture // American Association of Petroleum Geologists Memoir. 1962. Vol. 1. P. 108–121.
13. ГОСТ 26450.1–85. Породы горные. Метод определения коэффициента открытой пористости жидкостенасыщенным. Москва : Издательство стандартов, 1985. 12 с.
14. Tiab D., Donaldson E. C. Petrophysics : theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties. Gulf Publishing Company, Houston Tx., 2012. 950 p.
15. Шацов Н. И., Федоров В. С., Кулиев С. М. Бурение нефтяных и газовых скважин : учеб. пособие. Москва : Гостехиздат, 1961. 666 с.

Поступила в редакцию 01.01.2021, после рецензирования 08.04.2021, принята к публикации 15.05.2021
Received 01.01.2021, revised 08.04.2021, accepted 15.05.2021



ПОДПИСКА



Подписка на печатную версию

Журнал выходит 4 раза в год
Подписной индекс издания 36010
Цена свободная

Оформить подписку на печатную версию можно
в Интернет-каталогах

«Пресса России» (www.pressa-rf.ru)

«Пресса по подписке» (www.akc.ru)

ГК «Урал-Пресс» (ural-press.ru)

Электронная версия журнала находится в открытом доступе (geo.sgu.ru)

Адрес Издательства

Саратовского университета (редакции):

410012, Саратов, Астраханская, 83

Тел.: +7(845-2) 51-45-49, 52-26-89

Факс: +7(845-2) 27-85-29

E-mail: izvestiya@info.sgu.ru

Адрес редколлегии серии:

410012, Саратов, Астраханская, 83,

СГУ имени Н. Г. Чернышевского,

Географический факультет

Тел.: +7(845-2) 21-07-95

Факс: +7(845-2) 51-54-49

E-mail: farik26@yandex.ru

Website: <http://geo.sgu.ru/>